

# **DISEÑO DE INSTALACIONES LUMÍNICAS MEDIANTE EL SOFTWARE VISUAL<sup>®</sup>**

**EIRA YAMELLY PINEDA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA  
2008**

**DISEÑO DE INSTALACIONES LUMÍNICAS MEDIANTE EL SOFTWARE  
VISUAL®**

**EIRA YAMELLY PINEDA**

**TRABAJO DE GRADO  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN ELECTRICIDAD**

**DIRECTOR  
OSCAR GÓMEZ C.  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA  
2008**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Pereira, Febrero de 2008

A mi familia por el apoyo incondicional y sacrificio que demostraron durante el transcurso de la carrera.

## AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Oscar Gómez por su orientación al inicio de este trabajo.

Al ingeniero William Jaramillo por su acompañamiento como intermediario para lograr la culminación del presente trabajo.

Al ingeniero Alexander Gálvez por sus oportunos aportes y ayuda desinteresada.

## CONTENIDO

|  | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN .....   | 1    |
| 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN .....                      | 3    |
| 1.1 DEFINICIONES .....   | 3    |
| 1.1.1 Luz .....  | 3    |
| 1.1.2 Flujo Luminoso .....                                     | 3    |
| 1.1.3 Iluminancia .....  | 3    |
| 1.1.4 Intensidad Luminosa .....                                | 3    |
| 1.1.5 Luminancia .....   | 4    |
| 1.1.6 Rendimiento luminoso .....                               | 4    |
| 1.1.7 Reflectancia .....                                       | 4    |
| 1.1.8 Temperatura de color .....                               | 4    |
| 1.2 LÁMPARAS .....   | 5    |
| 1.2.1 Lámparas Incandescentes .....                            | 5    |
| 1.2.2 Lámpara Halógena. ....                                   | 7    |
| 1.2.3 Lámparas de Descarga .....                               | 8    |
| 1.2.4 Lámparas de vapor de mercurio .....                      | 9    |
| 1.2.5 Lámparas de luz de mezcla. ....                          | 12   |
| 1.2.6 Lámparas con halogenuros metálicos. ....                 | 13   |
| 1.2.7 Lámparas de vapor de sodio .....                         | 14   |
| 1.3 LUMINARIAS .....   | 17   |
| 1.3.1 Clasificación según las características ópticas. ....    | 18   |
| 1.3.2 Clasificación según las características mecánicas. ....  | 21   |
| 1.3.3 Clasificación según las características eléctricas ..... | 21   |
| 1.3.4 Otras clasificaciones .....                              | 22   |
| 2. CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS .....                          | 23   |
| 2.1 CURVA DE INTENSIDAD O DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA .....       | 23   |
| 2.2 DIAGRAMA ISOCANDELA .....                                  | 24   |
| 2.3 CURVA ISOLUX .....   | 29   |
| 2.4 MATRIZ DE INTENSIDADES .....                               | 32   |
| 2.5 CURVA DE FACTOR DE UTILIZACIÓN .....                       | 35   |
| 3. DISEÑO DE INSTALACIONES LUMÍNICAS .....                     | 36   |
| 3.1 TIPOS DE ALUMBRADO .....                                   | 36   |
| 3.1.1 Alumbrado General .....                                  | 36   |
| 3.1.2 Alumbrado General-Localizado .....                       | 36   |
| 3.1.3 Alumbrado Localizado .....                               | 37   |
| 3.2 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN .....                              | 37   |
| 3.2.1 Iluminación Directa .....                                | 37   |
| 3.2.2 Iluminación Semi-Directa .....                           | 38   |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.3 Iluminación Semi-Indirecta.....                          | 38 |
| 3.2.4 Iluminación Difusa .....                                 | 39 |
| 3.3 CÁLCULO DE INSTALACIONES LUMÍNICAS .....                   | 39 |
| 3.3.1 Método de las cavidades zonales.....                     | 39 |
| 3.4 EJEMPLO DE APLICACIÓN .....                                | 45 |
| 3.5 MÉTODO PUNTO POR PUNTO.....                                | 47 |
| 4. SOFTWARE VISUAL VERSIÓN PROFESIONAL (MANUAL DEL USUARIO) .. | 49 |
| 4.1 MENÚ FILE .....  | 49 |
| 4.1.1 Comando Import.....                                      | 49 |
| 4.1.2 Comando Export.....                                      | 51 |
| 4.1.3 Comando Print Editor.....                                | 53 |
| 4.1.4 Comando Project.....                                     | 54 |
| 4.2 MENÚ EDIT.....   | 54 |
| 4.2.1 Comando Properties.....                                  | 54 |
| 4.3 MENÚ VIEW.....   | 55 |
| 4.3.1 Comando Redraw.....                                      | 55 |
| 4.3.2 Comando Pan.....   | 55 |
| 4.3.3 Comando Elevation.....                                   | 55 |
| 4.4 MENÚ CONSTRUCT .....                                       | 56 |
| 4.4.1 Comando Room\Structure.....                              | 57 |
| 4.4.2 Comando Array.....                                       | 57 |
| 4.4.3 Comando Extrude.....                                     | 59 |
| 4.5 MENÚ MODIFY.....   | 60 |
| 4.5.1 Comando Erase.....                                       | 60 |
| 4.5.2 Comando Move.....  | 60 |
| 4.5.3 Comando Rotate.....                                      | 61 |
| 4.5.4 Comando Extend.....                                      | 61 |
| 4.5.5 Comando Trim.....  | 61 |
| 4.5.6 Comando Explode.....                                     | 61 |
| 4.5.7 Comando Scale.....                                       | 61 |
| 4.6 MENÚ LUMINAIRE .....                                       | 63 |
| 4.6.1 Comando Schedule.....                                    | 63 |
| 4.6.2 Comando Place.....                                       | 65 |
| 4.6.3 Comando Place & Orient.....                              | 66 |
| 4.6.4 Comando Place & Aim.....                                 | 66 |
| 4.6.5 Comando Re-Aim.....                                      | 66 |
| 4.6.6 Comando Templates.....                                   | 66 |
| 4.7 MENÚ CALCULATIONS .....                                    | 67 |
| 4.7.1 Comando Auto Calculate.....                              | 67 |
| 4.7.2 Comando Calculation zone.....                            | 67 |
| 4.7.3 Comando Calculate.....                                   | 68 |
| 4.7.4 Comando Batch Calculate.....                             | 68 |
| 4.7.5 Comando Power Density Zone.....                          | 69 |
| 4.7.6 Comando Statistical Zone.....                            | 70 |
| 4.7.7 Comando Mask.....  | 70 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.7.8 Comando Contours.....                                  | 71  |
| 4.7.9 Comando Statistics. ....                               | 71  |
| 4.8 MENÚ TOOLS.....  | 73  |
| 4.8.1 Comando Lumen Method. ....                             | 73  |
| 4.8.2 Comando Roadway. ....                                  | 73  |
| 4.8.3 Comando IES Recommendations.....                       | 73  |
| 4.8.4 Comando Distance. ....                                 | 74  |
| 4.8.5 Comando Radius. ....                                   | 75  |
| 4.8.6 Comando Convert To.....                                | 75  |
| 4.8.7 Comando Snap Shot.....                                 | 75  |
| 4.8.8 Comando Object Snap.....                               | 77  |
| 4.8.9 Comando Options.....                                   | 78  |
| 5. EJEMPLO DE APLICACIÓN.....                                | 79  |
| 5.1 ESTRUCTURA FÍSICA EXISTENTE .....                        | 79  |
| 5.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN DESEADOS .....                    | 81  |
| 5.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO .....                           | 81  |
| 5.4 Caso I: Instalación existente.....                       | 81  |
| 5.5 Caso II: Diseño nuevo, lámparas a igual altura .....     | 89  |
| 5.6 Caso III: Diseño nuevo, lámparas a diferente altura..... | 95  |
| 5.7 Caso IV: Diseño de instalación exterior.....             | 101 |
| 6. CONCLUSIONES .....  | 105 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 106 |



## LISTA DE TABLAS

|   | pág. |
|---|------|
| Tabla 1.1 Temperatura de color de acuerdo a la fuente de luz. ....                          | 5    |
| Tabla 1.10 Clasificación de las luminarias según sus características eléctricas. ....       | 22   |
| Tabla 1.2 Datos característicos de la lámpara incandescente. ....                           | 7    |
| Tabla 1.3 Datos característicos de la lámpara halógena. ....                                | 8    |
| Tabla 1.4 Datos característicos de la lámpara fluorescente. ....                            | 10   |
| Tabla 1.5 Datos característicos de la lámpara de vapor de mercurio a alta presión.<br>..... | 11   |
| Tabla 1.6 Datos característicos de la lámpara de luz de mezcla. ....                        | 13   |
| Tabla 1.7 Datos característicos de la lámpara con halogenuros metálicos. ....               | 14   |
| Tabla 1.8 Datos característicos de la lámpara de vapor de sodio a baja presión. .           | 16   |
| Tabla 1.9 Datos característicos de la lámpara de vapor de sodio a alta presión ...          | 17   |
| Tabla 2.1 Resultados obtenidos. ....  | 29   |
| Tabla 2.2 Resultados finales ....   | 31   |
| Tabla 3.1 Factor de perdidas según el tipo de lámpara. ....                                 | 42   |
| Tabla 3.2 Reflectancias según colores. ....   | 42   |
| Tabla 3.3 Reflectancias según material. ....  | 43   |
| Tabla 3.4 Coeficiente de utilización. ....  | 44   |
| Tabla 3.5 Datos característicos de la lámpara utilizada. ....                               | 45   |
| Tabla 5. 7 Datos característicos de la lámpara utilizada para el ejemplo IV .....           | 103  |
| Tabla 5.1 Datos característicos de la lámpara utilizada. ....                               | 83   |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 5.2 Resultados obtenidos Caso I.....                                      | 86  |
| Tabla 5.3 Datos característicos de las lámparas empleadas en el caso II.....    | 89  |
| Tabla 5.4 Resultados obtenidos Caso II.....                                     | 91  |
| Tabla 5.5 Datos característicos de la lámpara empleada en el Caso III.....      | 95  |
| Tabla 5.6 Resultados obtenidos Caso III. ....                                   | 97  |
| Tabla 5.7 Datos característicos de la lámpara utilizada para el ejemplo IV..... | 103 |
| Tabla 5.8 Resultados obtenidos Caso IV.....                                     | 104 |

## LISTA DE FIGURAS

pág.

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1 Intensidad luminosa reflejada por una superficie (Luminancia). ....      | 4  |
| Figura 1.2 Lámpara Incandescente .....  | 6  |
| Figura 1.3 Lámpara Halógena .....   | 7  |
| Figura 1.4 Lámpara Fluorescente .....   | 9  |
| Figura 1.5 Lámpara de vapor de mercurio a alta presión .....                        | 11 |
| Figura 1.6 Lámpara de luz de mezcla.....  | 12 |
| Figura 1.7 Lámpara con halogenuros metálicos .....                                  | 13 |
| Figura 1.8 Lámpara de vapor de sodio a baja presión.....                            | 15 |
| Figura 1.9 Lámpara de vapor de sodio a alta presión.....                            | 16 |
| Figura 1.10 Luminaria para lámparas de descarga a alta presión .....                | 18 |
| Figura 1.11 Clasificación de las luminarias según las características ópticas. .... | 19 |
| Figura 1.12 Luminaria con infinitos planos de simetría .....                        | 20 |
| Figura 1.13 Luminaria con dos planos de simetría .....                              | 20 |
| Figura 1.14 Luminaria con un plano de simetría .....                                | 21 |
| Figura 1.15 Clasificación de las luminarias según las características mecánicas ..  | 21 |
| Figura 2.1 Curva de intensidad o distribución luminosa.....                         | 23 |
| Figura 2.2 Diferentes representaciones de la curva de distribución luminosa .....   | 24 |
| Figura 2.3 Diagrama isocandela .....  | 25 |
| Figura 2.4 Representación grafica del origen del plano C y el ángulo $\gamma$ ..... | 25 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.5 Tramo de calle, distribución de puntos y diagramas polares .....                       | 26 |
| Figura 2.6 Plano C .....  | 26 |
| Figura 2.7 Curva isolux .....   | 29 |
| Figura 2.8 Diagrama isolux .....  | 30 |
| Figura 2.9 Distribución de puntos .....   | 30 |
| Figura 2.10 Ubicación de los puntos sobre el diagrama isolux .....                                | 31 |
| Figura 2.11 Representación del plano C y el ángulo $\gamma$ en la matriz de intensidades<br>..... | 32 |
| Figura 2.12 Plano C y matriz de intensidades .....  | 32 |
| Figura 2.13 Curva de factor de utilización.....   | 35 |
| Figura 3.1 Alumbrado general.....   | 36 |
| Figura 3.2 Alumbrado general localizado.....  | 37 |
| Figura 3.3 Alumbrado localizado.....  | 37 |
| Figura 3.4 Iluminación directa .....  | 38 |
| Figura 3.5 Iluminación semi-directa .....   | 38 |
| Figura 3.6 Iluminación semi-indirecta .....   | 39 |
| Figura 3.7 Cavidades zonales .....  | 40 |
| Figura 3.8 Distribución de las luminarias .....   | 47 |
| Figura 4.1 Barra de menú principal.....   | 49 |
| Figura 4.2 Menú File .....  | 49 |
| Figura 4.3 Cuadro de diálogo para la selección de archivo .....                                   | 50 |
| Figura 4.4 Ventana para la activación/desactivación de layers .....                               | 51 |
| Figura 4.5 Ventana para la activación/desactivación de layers2.....                               | 52 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4.6 Cuadro de dialogo para la selección de destino del archivo ..... | 52 |
| Figura 4.7 Cuadro de dialogo para la selección de extensión .....           | 53 |
| Figura 4.8 Ventana de previsualización de la impresión.....                 | 53 |
| Figura 4.9 Formulario de propiedades del proyecto.....                      | 54 |
| Figura 4.10 Menú Edit.....  | 54 |
| Figura 4.11 Menú View .....   | 55 |
| Figura 4.12 Menú Elevation .....  | 56 |
| Figura 4.13 Menú Construct .....  | 56 |
| Figura 4.14 Menú Room\Structure.....  | 57 |
| Figura 4.15 Menú Array .....  | 57 |
| Figura 4.16 Menú Rectangular.....   | 58 |
| Figura 4.17 Menú Polar .....  | 58 |
| Figura 4.18 Tipos de extrusión.....   | 59 |
| Figura 4.19 Menú Extrude .....  | 59 |
| Figura 4.20 Menú Modify .....   | 60 |
| Figura 4.21 Menú Scale .....  | 61 |
| Figura 4.22 Opción Uniform.....   | 62 |
| Figura 4.23 Opciones XYZ.....   | 62 |
| Figura 4.24 Menú Luminaire .....  | 63 |
| Figura 4.25 Luminaire Schedule .....  | 63 |
| Figura 4.26 Cuadro de dialogo para la selección del fabricante .....        | 64 |
| Figura 4.27 Cuadro de dialogo para la selección del tipo de lámpara .....   | 64 |
| Figura 4.28 Cuadro de dialogo para la selección de lámparas .....           | 65 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4.29 Lista desplegable .....                                | 65 |
| Figura 4.30 Opciones de montaje .....                              | 66 |
| Figura 4.31 Menú Calculations .....                                | 67 |
| Figura 4.32 Menú Calculation Zone .....                            | 67 |
| Figura 4.33 Cuadro de dialogo para la selección de archivo .....   | 68 |
| Figura 4.34 Cuadro de dialogo para la selección de archivo2 .....  | 69 |
| Figura 4.35 Menú Power Density Zone.....                           | 69 |
| Figura 4.36 Menú Statistical Zone .....                            | 70 |
| Figura 4.37 Menú Mask .....  | 70 |
| Figura 4.38 Listado de estadísticas .....                          | 72 |
| Figura 4.39 Menú Tools .....                                       | 73 |
| Figura 4.40 Ayuda para la búsqueda de niveles de iluminación ..... | 74 |
| Figura 4.41 Menú Convert To .....                                  | 75 |
| Figura 4.42 Menú Snap Shot .....                                   | 76 |
| Figura 4.43 Opción New .....                                       | 76 |
| Figura 4.44 Opción de actualización.....                           | 77 |
| Figura 4.45 Opción de borrado .....                                | 77 |
| Figura 4.46 Menú Object Snap .....                                 | 78 |
| Figura 4.47 Opciones generales .....                               | 78 |
| Figura 5.1 Coliseo ITS vista lateral.....                          | 80 |
| Figura 5.2 Coliseo ITS estructura interna .....                    | 80 |
| Figura 5.3 Coliseo ITS vista superior .....                        | 80 |
| Figura 5.4 Sitios en los que se definieron zonas de cálculo .....  | 82 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 5.5 Zonas de cálculo.....                                     | 82  |
| Figura 5.6 Luminaria de descarga (Hemisphere).....                   | 83  |
| Figura 5.7 Proyector (Indirect) .....                                | 84  |
| Figura 5.8 Distribución de lámparas existentes, vista superior ..... | 84  |
| Figura 5.9 Ubicación de lámparas existentes, vista lateral .....     | 85  |
| Figura 5.10 Resultados obtenidos Caso I .....                        | 85  |
| Figura 5.11 Distribución de lámparas Caso II, vista superior.....    | 90  |
| Figura 5.12 Ubicación de lámparas Caso II, vista lateral .....       | 90  |
| Figura 5.13 Resultados obtenidos Caso II .....                       | 91  |
| Figura 5.14 Distribución de lámparas Caso III, vista superior.....   | 96  |
| Figura 5.15 Ubicación de lámparas Caso III, vista lateral .....      | 96  |
| Figura 5.16 Resultados obtenidos Caso III .....                      | 97  |
| Figura 5.17 Entrada bloque E, vista superior.....                    | 102 |
| Figura 5.18 Sitios donde se definieron zonas de cálculo2 .....       | 102 |
| Figura 5.19 Zonas de cálculo2.....                                   | 102 |
| Figura 5.20 Luminaria de alumbrado público.....                      | 103 |
| Figura 5.21 Distribución de lámparas Caso IV, vista superior .....   | 104 |
| Figura 5.22 Ubicación de lámparas Caso IV, vista lateral.....        | 104 |
| Figura 5.23 Resultados obtenidos Caso IV.....                        | 104 |

## INTRODUCCIÓN

Actualmente nos vemos en la necesidad de aprender a manejar herramientas computacionales ya que son muchos los programas que se están manejando para el desarrollo de tareas específicas.

El propósito fundamental de este trabajo es complementar algunos conceptos luminotécnicos y enseñar a manejar el software Visual® en su versión "Professional Edition", programa mediante el cual se pueden hacer diseños de instalaciones lumínicas tanto para espacios cubiertos con estructuras regulares e irregulares como para zonas abiertas. Este programa es una gran herramienta, pues facilita cálculos que serían complicados a la hora de hacer el diseño de instalaciones lumínicas de estructuras cubiertas irregulares.

El diseño de una instalación lumínica es elemental, ya que con esta se logra confort visual y además se destacan características constructivas de ciertos espacios. Por lo tanto, la intención de este trabajo es presentar una nueva herramienta para el diseño de instalaciones lumínicas de espacios cubiertos.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Hacer el manual para el manejo del software Visual®

### **Objetivos específicos**

- Complementar conceptos luminotécnicos y métodos de diseño.
- Hacer el manual donde se enseña a manejar el programa, manual del usuario.
- Realizar ejemplos de aplicación, entre los cuales estarán la instalación lumínica con la que cuenta el Coliseo Deportivo del Instituto Técnico Superior y un diseño nuevo para una zona abierta.

## 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN

En este capítulo se presentan una serie de conceptos que se van a manejar a través de todo el documento, conceptos que se pueden considerar los mas importantes dentro de la luminotecnia.

### 1.1 DEFINICIONES

**1.1.1 Luz.** Es toda energía radiante capaz de ser distinguida por el ser humano como sensación visual. Está formada por ondas, que se propagan en todas las direcciones y siempre en línea recta. Las ondas luminosas se pueden propagar a través del vacío y se llaman ondas electromagnéticas. El hombre sólo puede ver algunas de estas ondas, las que forman el espectro luminoso visible. Como la luz blanca en realidad está compuesta por siete colores, de acuerdo al tipo de luz que absorben y que reflejan, vemos los objetos de diferentes colores. [50]

**1.1.2 Flujo Luminoso.** Se define como la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen y esta unidad mide la sensibilidad del ojo humano a las diferentes radiaciones luminosas. [45]

Símbolo: Ø

Unidad: Lumen (lm)

**1.1.3 Iluminancia.** Es la relación entre el flujo luminoso que recibe una superficie y su extensión. Su unidad es el lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ). La iluminancia constituye un dato muy importante para valorar el nivel de iluminación que existe en un puesto de trabajo, en la superficie de un recinto, en una calle, etc. Esta depende del tipo de actividad que se vaya a realizar. [41]

Símbolo: E

Unidad: Lux (lx)

**1.1.4 Intensidad Luminosa.** Forma en que se distribuye el flujo luminoso.

Símbolo: I

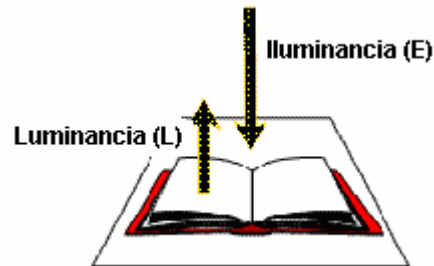
Unidad: Candela (cd)

**1.1.5 Luminancia.** Es la relación entre la intensidad luminosa en cualquier superficie en una dirección determinada y el área proyectada, vista desde esa dirección. La luminancia es la que produce en el órgano visual la sensación de claridad que presentan los objetos observados. [45]

Símbolo: L

Unidad: cd/m<sup>2</sup>

Figura 1.1 Intensidad luminosa reflejada por una superficie (Luminancia). [35]



**1.1.6 Rendimiento luminoso.** Se define como el cociente entre el flujo luminoso emitido por la fuente de luz y la potencia eléctrica absorbida de dicha fuente. Desde el punto de vista de aprovechamiento energético, una lámpara será más eficiente cuanto mayor cantidad de lúmenes produzca por cada vatio (W). Este varía entre los diversos tipos de lámparas. [23]

$$\eta = \frac{\phi}{\omega} \quad (1.1)$$

donde:

$\eta$  : Rendimiento o eficiencia luminosa.

$\phi$  : Flujo luminoso emitido por la lámpara.

$\omega$  : Potencia consumida por la lámpara.

**1.1.7 Reflectancia.** Es la propiedad que tienen los materiales de devolver en diferentes ángulos, los rayos de luz que inciden sobre la superficie de ellos. A nivel de cálculos de iluminación se trabaja con reflectancias que oscilan entre 0% y 100%, siendo el primer valor para aquellas superficies que absorben o dejan pasar toda la luz que les llega (colores negros o superficies transparentes como ventanales de vidrio), y el último, corresponde a aquellas que devuelven la totalidad de la luz que les incide (colores blancos o superficies forradas en espejos). [13], [45]

**1.1.8 Temperatura de color.** Es la temperatura a la cual un cuerpo debe ser calentado para que emita luz estable con un color determinado. A continuación se dará la temperatura de algunos colores: La luz amarilla o la rojiza (caliente) tienen una temperatura de color de unos 3000°K. La luz azul (fría) tiene una temperatura

de color de unos 10000°K. Conociendo la temperatura de color de una luz sabremos si es adecuada para su uso en determinados lugares. [8]

Tabla 1.1 Temperatura de color de acuerdo a la fuente de luz. [6]

| Fuente luminosa                  | Temperatura de color (°K) |
|----------------------------------|---------------------------|
| Lámpara Incandescente            | 2700                      |
| Lámpara de Sodio de Baja Presión | 1800                      |
| Lámpara de Sodio de Alta Presión | 2100                      |
| Lámpara de Vapor de Mercurio     | 4000                      |
| Lámpara Halógena                 | 3100                      |

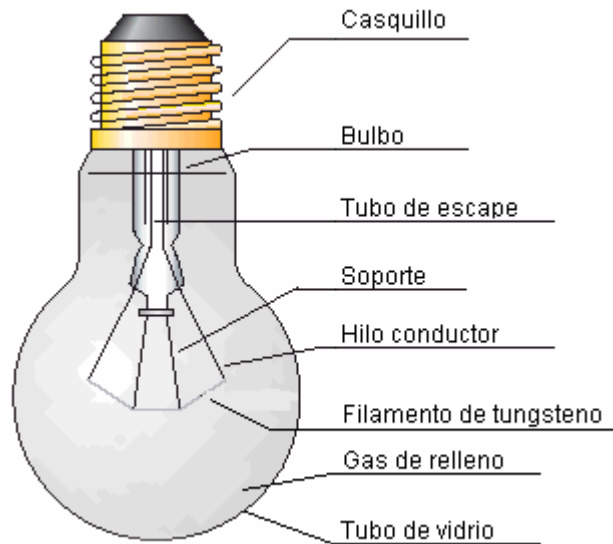
## 1.2 LÁMPARAS

Las lámparas son dispositivos destinados a transformar la energía eléctrica en luz. Estos dispositivos de iluminación eléctrica se clasifican en dos grupos primarios: Lámparas incandescentes y lámparas de descarga.

**1.2.1 Lámparas Incandescentes.** Son lámparas cuya luz es generada al pasar la corriente eléctrica por un filamento de tungsteno, hasta alcanzar una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles. Este filamento se encuentra dentro de un globo de vidrio al vacío o lleno de un gas inerte que evite la evaporación del tungsteno y reduzca el ennegrecimiento del globo. Existen lámparas de muy diversas formas, que pueden resultar decorativas.

Algunas de sus desventajas son su bajo rendimiento luminoso y una duración de vida nominal relativamente corta.

Figura 1.2 Lámpara Incandescente. [33]



El componente principal de la lámpara es el filamento, que cuando pasa corriente a través de él, puede ser calentado como resistencia hasta el estado incandescente, manteniéndose en este estado por mucho tiempo. Este filamento tiene que fabricarse de un material con un alto punto de fusión, como el Tungsteno cuyo punto de fusión es 3655 °K (grados Kelvin). El filamento debe estar protegido en un medio que evite que se deteriore. Este ambiente se logra poniéndolo dentro de un bulbo, bombillo o globo de vidrio que esté al vacío o con un gas inerte.

El filamento de tungsteno se torna incandescente a partir de los 1000 °K, pudiendo llegar a 1800 °K y 2500 °K lo que significa que su eficiencia luminosa está entre 1 y 8 lúmenes/vatio. Mientras mas se aumenta la temperatura del filamento, la luz emitida por él es mas blanca. No es conveniente incrementar el voltaje que alimenta un filamento pues esto reduce la vida útil de la lámpara.

El voltaje y la corriente de operación definen la longitud y el grosor del filamento. Este filamento se mantiene en su posición dentro del bulbo con ayuda de unos alambres electrodos, que son los que permiten que la conexión eléctrica con el exterior del bulbo sea posible. Una lámpara de tungsteno puede operar con cualquier tipo de fuente de tensión, sea de corriente directa o corriente alterna, aunque la vida de la lámpara es menor cuando opera en corriente continua.

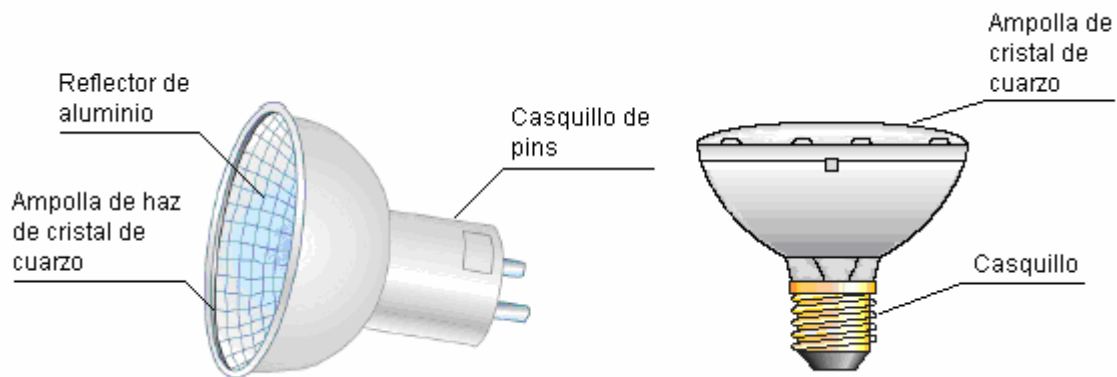
Las lámparas incandescentes también se presentan en una amplia gama de colores y acabados. Este tipo de lámparas se utilizan en la iluminación doméstica debido a su bajo costo y pequeño tamaño, pero su uso se está limitando por su bajo rendimiento.

Tabla 1.2 Datos característicos de la lámpara incandescente.

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Apariencia de color:   | Blanco cálido |
| Temperatura de color:  | 2700°K        |
| Reproducción de color: | Ra 100        |
| Vida útil:             | 1000 horas    |

**1.2.2 Lámpara Halógena.** Las lámparas halógenas utilizan un gas halógeno que les permite tener un encendido más brillante, este encendido no influye en su duración. Al convertir la electricidad en luz aumenta su eficacia y permite ofrecer más luz con menos energía y con tamaño físico más pequeño. Estas lámparas utilizan la energía de una manera más eficaz, ofrecen una duración más larga, proporcionan una luz más blanca y más nítida y suministran un mejor control de haz, permitiendo dirigir la luz con mucha más precisión, además, por su pequeño y compacto tamaño crean nuevas oportunidades de diseño.

Figura 1.3 Lámpara Halógena.



El funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de temperaturas muy altas para que pueda realizarse el ciclo del halógeno.

La ampolla se fabrica con un cristal especial de cuarzo que impide manipularla con los dedos para evitar su deterioro.

Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W con una amplia gama de potencias de trabajo (150 a 2000W) según el uso al que estén destinadas.

Para Mayor Rendimiento se debe evitar operar por arriba del voltaje nominal, al mismo tiempo es necesario mantener una temperatura mínima en las paredes del bulbo de 350°C, durante la operación del ciclo halógeno.

**Ciclo del halógeno:** Cuando el filamento de una lámpara está encendido, su alta temperatura provoca su evaporación en forma de vapor de tungsteno, cuando este

vapor toca las paredes del cristal de cuarzo se combina con el gas halógeno que contiene la ampolla en su interior y se convierte en halogenuro de tungsteno, el halogenuro formado fluye en dirección al filamento, donde la elevada temperatura que este presenta lo convierte de nuevo en metal tungsteno. Como resultado el filamento se reconstruye liberando gas halógeno durante ese proceso, permitiendo continuar este proceso denominado “ciclo del halógeno”. [19], [21], [48]

Para lograr el funcionamiento adecuado del ciclo halógeno las paredes del tubo de cuarzo alcanzan temperaturas superiores a los 250 °C. Además de que algunas lámparas presentan puntos en donde se concentra el calor llegando hasta los 700°C durante la operación normal. Todo tipo de lámpara halógena deberá utilizarse únicamente en luminarias adecuadas, diseñadas para permitir la disipación del exceso de calor y en algunos casos capaces de proveer ventilación adicional.

En las lámparas halógenas hasta el 90% de la energía consumida (vatios) por la lámpara es transformada en rayos infrarrojos y calor, dando lugar a que algunas lámparas halógenas se puedan utilizar en aplicaciones especiales como: generadora de calor y de rayos ultravioleta, entre otras. Estas lámparas generan un calor intenso, están presurizadas y pueden estallar lanzando fragmentos candentes si se dañan ó se hace un uso inadecuado de ellas. Deben protegerse para evitar el contacto con sustancias líquidas cuando se encuentren en operación, en exteriores se debe utilizar luminarias cerradas adecuadas para la lámpara.

Tabla 1.3 Datos característicos de la lámpara halógena.

|                        |                  |
|------------------------|------------------|
| Apariencia de color:   | Blanco           |
| Temperatura de color:  | 3100°K           |
| Reproducción de color: | Ra 100           |
| Vida útil:             | (2000-5000)horas |

Las lámparas halógenas se utilizan normalmente en alumbrado por proyección y cada vez más en iluminación doméstica.

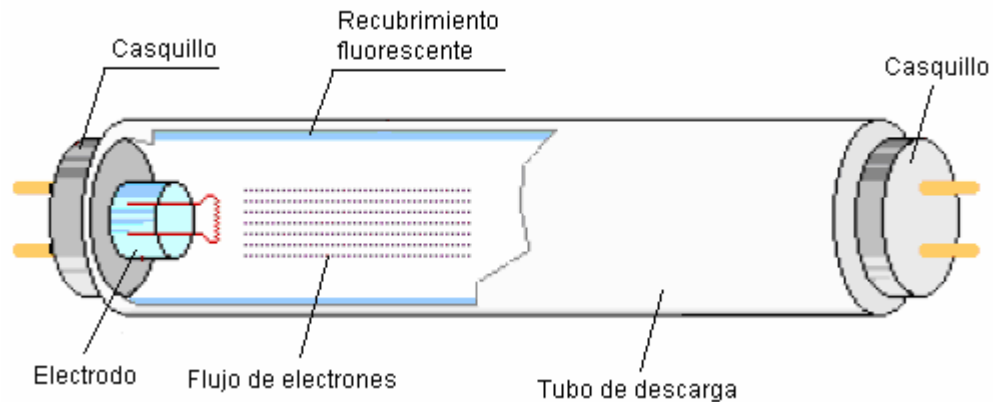
**1.2.3 Lámparas de Descarga.** Las lámparas de descarga abarcan aquellas fuentes en las que la producción de la luz no se debe a la temperatura de los materiales o solamente a ella. En estas lámparas la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado. En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que éste se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras.

### 1.2.4 Lámparas de vapor de mercurio

- **Lámparas de vapor de mercurio a baja presión (lámparas Fluorescentes).**

Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión y un gas inerte. La descarga se produce en un recipiente tubular de gran longitud con relación a su diámetro, sobre cuya pared interior se ha depositado una fina capa de sustancias minerales fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. El tubo está relleno de un gas noble, generalmente argón a algunos milímetros de presión y de una pequeña cantidad de mercurio; en las extremidades del tubo se sitúan los electrodos.

Figura 1.4 Lámpara Fluorescente. [31]



Las lámparas fluorescentes producen una luz difusa con poca brillantez; esta luz se produce al aplicar una tensión adecuada entre los electrodos o cátodos de la lámpara la cual produce una descarga eléctrica entre ellos; los electrones procedentes de los cátodos, invaden el espacio interelectródico, chocando con los átomos de mercurio, que existen en dicho espacio. A consecuencia de estos choques una parte de los átomos se ioniza, aumentando así la corriente de descarga; pero la mayor parte de los átomos de mercurio se excitan. Ahora bien, la baja presión que existe en el interior del tubo, es la causa de que en la excitación de los átomos de mercurio se emitan, casi exclusivamente radiaciones ultravioletas. Estas radiaciones excitan a su vez las materias fluorescentes depositadas en las paredes del tubo.

Cabe resaltar que mezclando adecuadamente las sustancias fluorescentes, podemos obtener cualquier tono de color; esta propiedad constituye una de las posibilidades mas interesantes de las lámparas fluorescentes puesto que podemos elegir en todo momento, el color de la luz mas adecuada para una misión determinada. [50]



La extensa gama de tonalidades aparecidas en el mercado, y después de una lógica racionalización, ha quedado establecida en tres categorías básicas, según la temperatura de color:

- 1) Tonalidades cálidas (2.700-3.100) °K
- 2) Tonalidades frías (3.800-4.500) °K
- 3) Tonalidades luz de día (6.500-7.500) °K

Tabla 1.4 Datos característicos de la lámpara fluorescente.

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| Apariencia de color:   | Diferentes blancos |
| Temperatura de color:  | (2600-6500)°K      |
| Reproducción de color: | Ra 50 - Ra 95      |
| Vida útil:             | 10000 horas        |

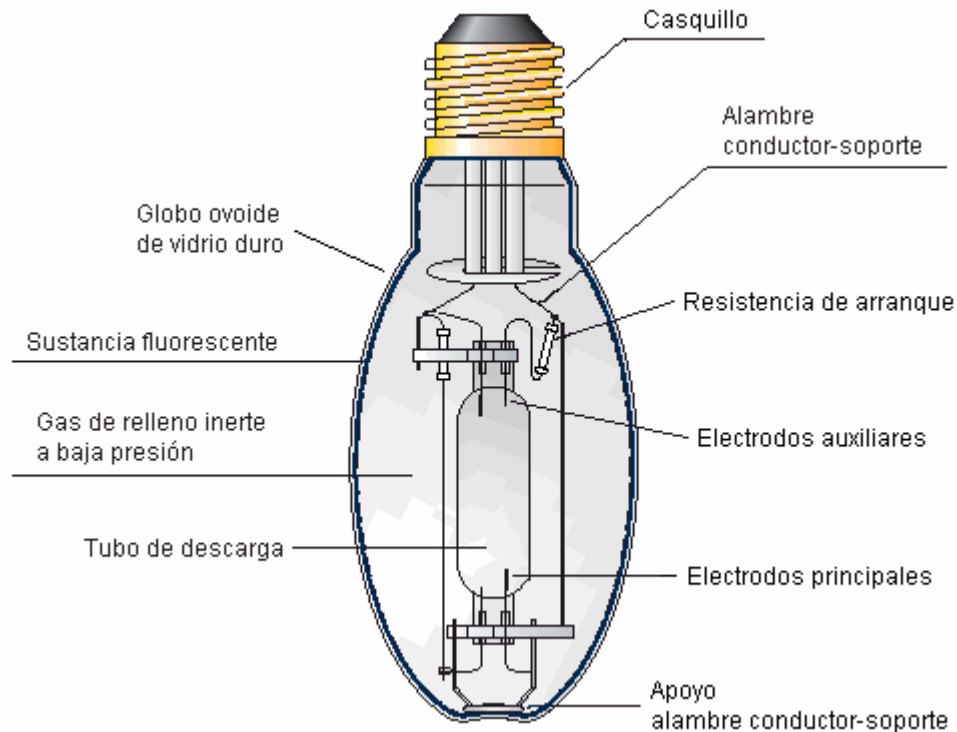
Se caracterizan por su eficacia luminosa y su conservación. Se encienden inmediatamente y alcanzan al poco tiempo su pleno flujo luminoso. Estas lámparas son comúnmente utilizadas en lugares donde se requiere un nivel de iluminación elevado.

- **Lámparas de vapor de mercurio a alta presión**

Cuando se aplica la tensión de la red, la lámpara no se enciende inmediatamente sino que, al principio esta tensión se encuentra aplicada entre el electrodo auxiliar y el electrodo principal que, están muy cercanos. Debido a la presencia de la resistencia de arranque, la tensión entre ambos electrodos (el auxiliar y el principal) es pequeña. Se establece una descarga entre ambos electrodos, el auxiliar y el principal, que provoca la ionización del gas argón contenido en el tubo y que inicia la descarga principal.

Bajo la acción de la descarga se calienta el mercurio y se evapora gradualmente, aumentando la presión en el interior del tubo y la tensión en los bornes de la lámpara. Como la temperatura aumenta uniformemente, llegaría un momento en que la caída de tensión entre los electrodos sería igual a la tensión de la red, en cuyo caso la descarga cesaría inmediatamente. Para evitar este peligro, se dosifica muy exactamente la cantidad de mercurio introducida en el tubo, de tal manera que la presión del vapor y, por tanto, la tensión entre los electrodos, no puedan sobrepasar cierto valor previamente calculado. Debido a esta circunstancia la lámpara es muy poco sensible a las fluctuaciones de tensión. [50].

Figura 1.5 Lámpara de vapor de mercurio a alta presión. [28]



Cuando la discriminación de colores no es de gran interés, pueden aplicarse estas lámparas ya que su elevado rendimiento luminoso y su insensibilidad a las fluctuaciones de tensión las hacen muy apropiadas para ciertos casos, por ejemplo, alumbrado de vías públicas, alumbrado de centros comerciales e industriales y alumbrado por proyectores.

Por el contrario en aquellos sitios en que se precise una luz lo más parecida posible a la luz natural, la lámpara de vapor de mercurio resulta inadecuada debido a su color y, sobre todo, a la carencia total de radiaciones rojas cuya consecuencia obligada es la deformación de los colores de los objetos iluminados.

La temperatura de color de estas lámparas, depende del tipo de recubrimiento fluorescente que lleve, pero suele estar comprendida entre 3.800 y 4.000 °K, y tiene un rendimiento luminoso que oscila entre 40 y 60 Lm/W.

Tabla 1.5 Datos característicos de la lámpara de vapor de mercurio a alta presión.

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| Apariencia de color:   | Blanco      |
| Temperatura de color:  | 4000°K      |
| Reproducción de color: | Ra 45       |
| Vida útil:             | 16000 horas |

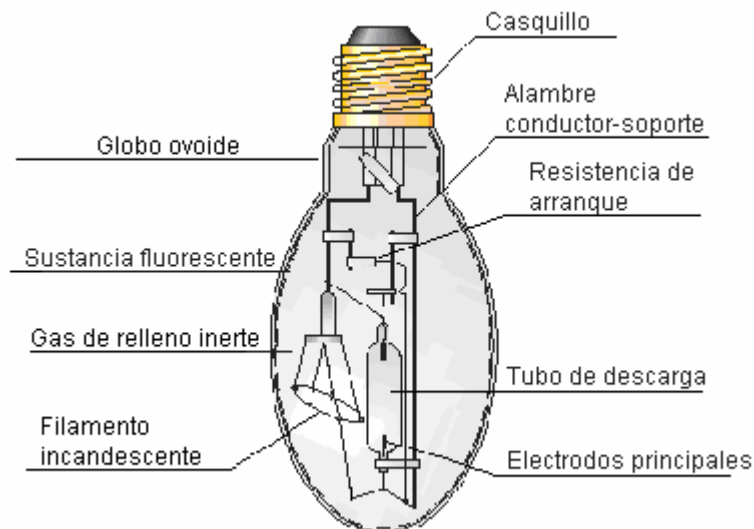
**1.2.5 Lámparas de luz de mezcla.** Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y, habitualmente, un recubrimiento fluorescente. Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color. [20]

Su vida útil viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Es importante resaltar en estas lámparas que, durante el periodo de arranque, el exceso de tensión no absorbido por el tubo de descarga sobrecarga considerablemente el filamento, motivo por el que la vida media se ve en gran medida afectada por el número de encendidos.[34]

Respecto a la disminución del flujo hay que considerar dos causas. Por un lado tenemos el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del gas (wolframio) evaporado y por otro la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes.

Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balasto ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

Figura 1.6 Lámpara de luz de mezcla. [27]



Debido a la posibilidad de sustitución directa de estas lámparas por las de incandescencia, resultan adecuadas en aquellos casos en los que se pretende mejorar la iluminación sin grandes complicaciones. [34]

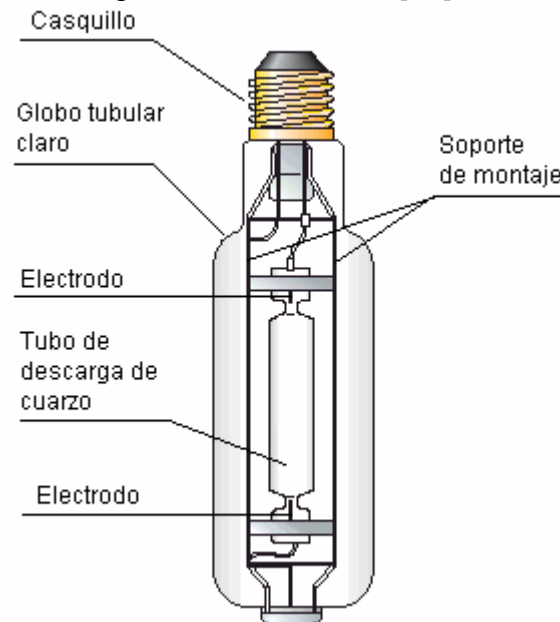
Tabla 1.6 Datos característicos de la lámpara de luz de mezcla.

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Apariencia de color:   | Blanco    |
| Temperatura de color:  | 3600°K    |
| Reproducción de color: | Ra 60     |
| Vida útil:             | 600 horas |

**1.2.6 Lámparas con halogenuros metálicos.** Las lámparas de halogenuros metálicos cuentan con una excelente eficacia luminosa a la par con una buena reproducción cromática; su vida útil es larga. Estas lámparas, como todas las de descarga se deben conectar a la red a través de una reactancia que controle la intensidad, debiendo tener especial cuidado de que la combinación reactancia-arrancador sea la adecuada.

Tienen un periodo de pleno encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Dado que estas lámparas no emiten radiaciones ultravioleta, eliminan la necesidad de la capa fluorescente, por lo que se suelen construir en ampollas cilíndricas y transparentes.

Figura 1.7 Lámpara con halogenuros metálicos. [26]



En cuanto a su construcción y funcionamiento, las lámparas de halogenuros metálicos son comparables con las lámparas de vapor de mercurio de alta presión. La adición de halogenuros metálicos hace necesaria una tensión de encendido muy superior a la de una red de alimentación.

Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas. Las tensiones entre sus

extremos, necesarias para mantener la descarga, es del orden de 100 a 200 V., dependiendo de la potencia.

Su bulbo exterior es de vidrio duro y sirve para el equilibrio térmico del tubo de descarga y para su aislamiento. Estas lámparas de halogenuros metálicos están disponibles en los tres colores de luz: blanco cálido, blanco neutro y blanco de luz diurna. Son una fuente de luz compacta. La temperatura de color de estas lámparas resulta ser de 3.100 °C y la eficacia luminosa es del orden de 22 Lm/W, algo mayor que la correspondiente a lámparas de incandescencia convencionales.

Así, cuando se utilizan aditivos de sodio, talio e indio, se obtiene una eficacia luminosa del orden de 95 Lm/W. y una temperatura de color de unos 4.200 °C. Cuando se utilizan aditivos a base de estaño, el rendimiento luminoso es de unos 45 Lm/W. y la temperatura de color del orden de 5.000 °C.

Tabla 1.7 Datos característicos de la lámpara con halogenuros metálicos.

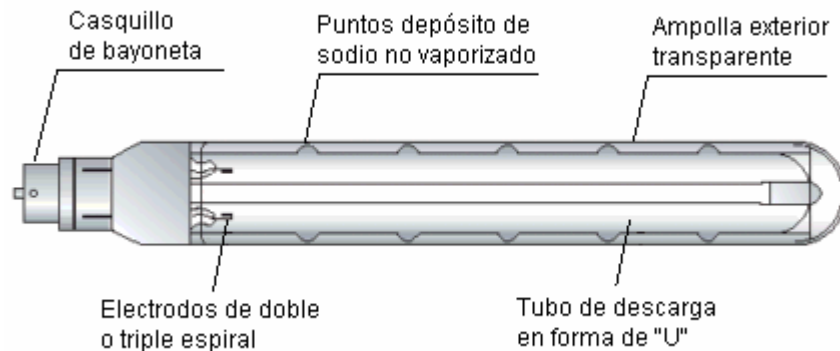
|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Apariencia de color:   | Blanco frío   |
| Temperatura de color:  | (4800-6500)°K |
| Reproducción de color: | Ra 65 - Ra 95 |
| Vida útil:             | 9000 horas    |

Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para transmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.

### 1.2.7 Lámparas de vapor de sodio

**Lámparas de vapor de sodio a baja presión.** Las lámparas de vapor de sodio a baja presión están formadas por dos ampollas de vidrio tubulares. La ampolla interna o tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara, en su interior se encuentra una pequeña cantidad de gas neón a baja presión y sodio puro. Para facilitar la concentración del sodio y que se evapore a menor temperatura posible, se le practican unas pequeñas hendiduras.

Figura 1.8 Lámpara de vapor de sodio a baja presión. [30]



El tubo de descarga está encerrado en una ampolla exterior envolvente, esta ampolla tiene como misión la protección térmica y mecánica del tubo de descarga, y entre las dos se ha hecho el vacío. De esta manera se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo, a estas temperaturas el rendimiento de estas lámparas es óptimo.

En los extremos del tubo de descarga se encuentran dos electrodos de filamento de wolframio, sobre los que se ha depositado un material emisor de electrones. Al aplicar tensión entre los electrodos, se produce la descarga a través del gas neón, la cual determina la emisión de una luz roja característica de este gas. El calor generado por la descarga produce la vaporización progresiva del sodio y, como consecuencia, la descarga pasa a efectuarse en una atmósfera en la que la concentración de sodio es cada vez mayor, produciendo una luz cada vez más amarilla.

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano. Por ello, la eficacia luminosa de estas lámparas es muy elevada. Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad visual, además de una buena percepción de contrastes. Una de sus desventajas es su monocromatismo, este hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.

El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente esto se corresponde al pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.

La vida media de estas lámparas es muy elevada, y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrecen la hacen muy adecuada para usos

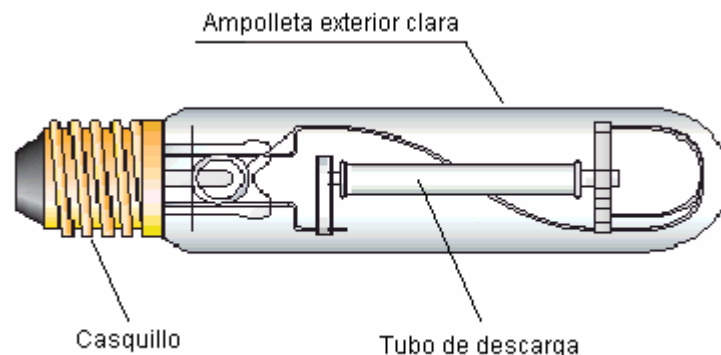
de alumbrado público, en donde lo principal es la percepción del movimiento, también es aplicable en grandes espacios industriales de carga, descarga y estacionamiento. Además se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.

Tabla 1.8 Datos característicos de la lámpara de vapor de sodio a baja presión.

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| Apariencia de color:   | Amarillo     |
| Temperatura de color:  | 1800°K       |
| Reproducción de color: | No aplicable |
| Vida útil:             | 14000 horas  |

**Lámparas de vapor de sodio a alta presión.** Estas lámparas están compuestas por tubos de descarga a base de óxido de aluminio sintetizado, capaces de soportar la acción del sodio a temperaturas elevadas; cuando alcanzan estas temperaturas, pueden transmitir el 90% de la luz visible producida por la descarga eléctrica en su interior. La elevación de temperatura producida por la descarga, va evaporando el mercurio y el sodio, que pasan a ser conductores principales, con lo que la iluminación irá aumentando.

Figura 1.9 Lámpara de vapor de sodio a alta presión. [29]



Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las ya mencionadas temperaturas elevadas, la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En el interior del tubo hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. Este tubo se aloja en el interior de una ampolla de vidrio duro, resistente a la intemperie que le sirve de protección y aislamiento eléctrico y térmico. La despreciable cantidad de radiaciones ultravioleta que generan estas lámparas, hace innecesario el empleo de material fluorescente, por lo que esta ampolla es totalmente transparente.

Su tiempo de arranque es muy corto. Al igual que las otras lámparas de descarga, si por alguna circunstancia se desconectan, no pueden volver a encenderse hasta transcurrido el tiempo necesario para que la presión del sodio descienda a valores inferiores.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión poseen una alta eficacia luminosa y larga vida útil. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara están, la depreciación del flujo, el fallo por fugas en el tubo de descarga y el incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Estas lámparas son utilizadas en iluminación de interiores como de exteriores, en general en todos aquellos espacios en los que se requiera una iluminación económica sin grandes exigencias cromáticas.

Tabla 1.9 Datos característicos de la lámpara de vapor de sodio a alta presión.

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Temperatura de color:  | (2000-2500)°K |
| Reproducción de color: | Ra 25 - Ra 80 |
| Vida útil:             | 16000 horas   |

### 1.3 LUMINARIAS

Las luminarias son dispositivos que sirven para repartir, controlar y dirigir la luz de las fuentes. Las luminarias incluyen todos los elementos de soporte eléctrico, mecánico, óptico y estético de las lámparas, necesarios para fijar y proteger las fuentes y conectarlas a la red de suministro de energía eléctrica.

La elección de las luminarias está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de esta. Hay muchos tipos de luminarias y sería difícil hacer una clasificación exhaustiva. La forma y tipo de las luminarias oscilará entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente como pasa en el alumbrado industrial y las más formales donde lo que prima es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico.

Las luminarias para lámparas incandescentes tienen su ámbito de aplicación básico en la iluminación doméstica. Por lo tanto, predomina la estética sobre la eficiencia luminosa. Sólo en aplicaciones comerciales o en luminarias para iluminación suplementaria se buscará un compromiso entre ambas funciones. Son aparatos que necesitan apantallamiento pues el filamento de estas lámparas tiene una luminancia muy elevada y pueden producir deslumbramientos.

Las luminarias para lámparas fluorescentes se utilizan mucho en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, etc. por su economía y eficiencia luminosa. Así pues, nos encontramos con una gran variedad



de modelos que van de los más simples a los más sofisticados con sistemas de orientación de la luz y apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores).

Las luminarias para lámparas de descarga a alta presión se utilizan principalmente para colgar a gran altura (industrias y grandes locales con techos altos) o en iluminación de pabellones deportivos, aunque también hay modelos para pequeñas alturas. En el primer caso se utilizan las luminarias intensivas y los proyectores y en el segundo las extensivas.

Figura 1.10 Luminaria para lámparas de descarga a alta presión. [39]

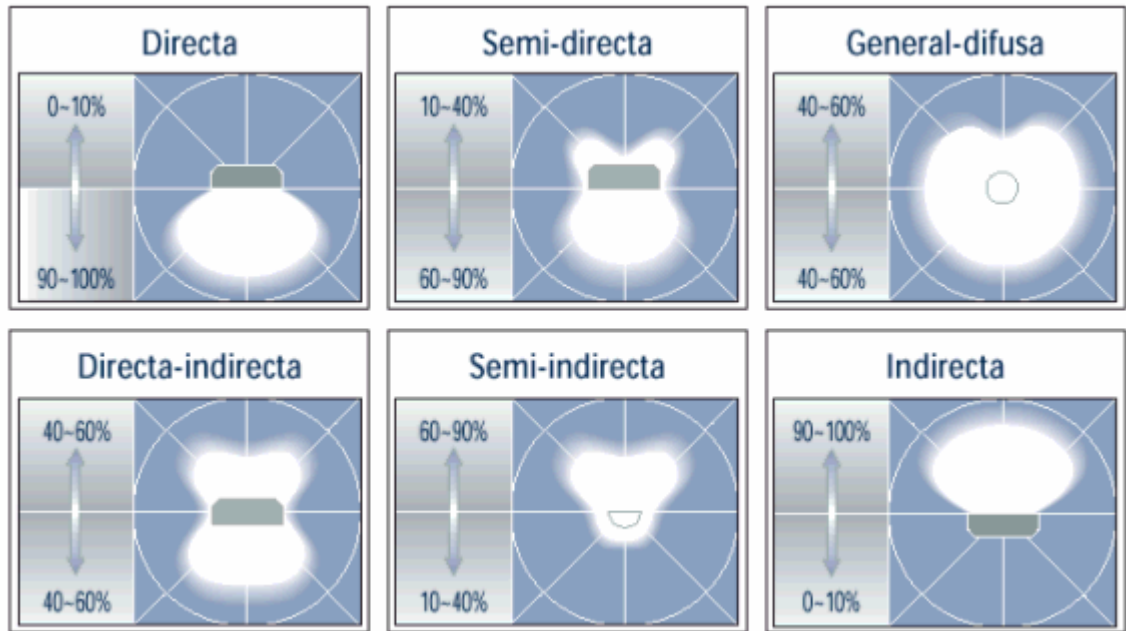


Las luminarias se pueden clasificar de muchas maneras, lo usual es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos.

**1.3.1 Clasificación según las características ópticas.** Esta clasificación se puede dar según tres pautas:

- **Según el porcentaje del flujo luminoso distribuido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara.** Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que irradie hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases: Directa, Semi-directa, General-difusa, Directa-indirecta, Semi-indirecta, Indirecta.

Figura 1.11 Clasificación de las luminarias según las características ópticas. [7]



Dentro de esta clasificación se puede dar otra clasificación que está dada atendiendo a las características fotométricas de cada luminaria.

- **Según la simetría de distribución del flujo luminoso.** Dentro de esta clasificación se encuentran:
  - Luminarias simétricas.
  - Luminarias asimétricas.

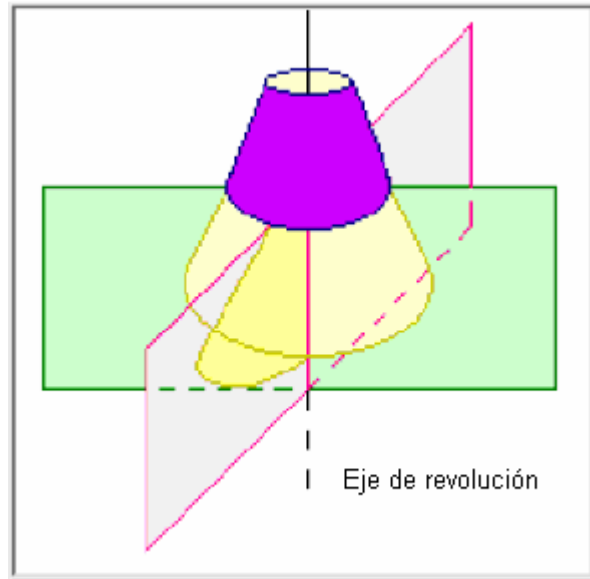
**Luminarias simétricas.** En ellas el flujo luminoso se reparte simétricamente respecto al eje de simetría (eje que atraviesa el punto de luz) y la distribución de las intensidades luminosas puede representarse mediante una curva fotométrica.

**Luminarias asimétricas.** El reparto de flujo no se hace de forma simétrica respecto a un eje y la distribución de las intensidades solo puede expresarse mediante diversos planos fotométricos.

- **Según los planos de simetría de su respectivo sólido fotométrico.** Dentro de esta clasificación se encuentran:
  - Luminarias con infinitos planos de simetría.
  - Luminarias con dos planos de simetría.
  - Luminarias con un plano de simetría.

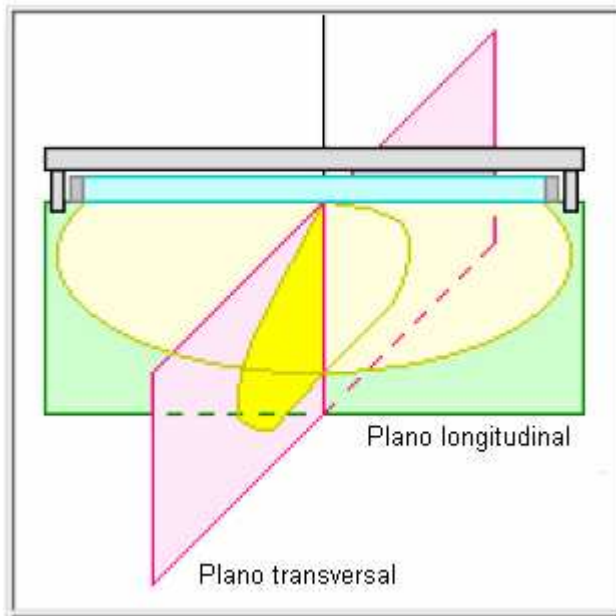
**Luminarias con infinitos planos de simetría.** Dentro de esta clasificación están los reflectores y las luminarias para lámparas incandescentes.

Figura 1.12 Luminaria con infinitos planos de simetría. [37]



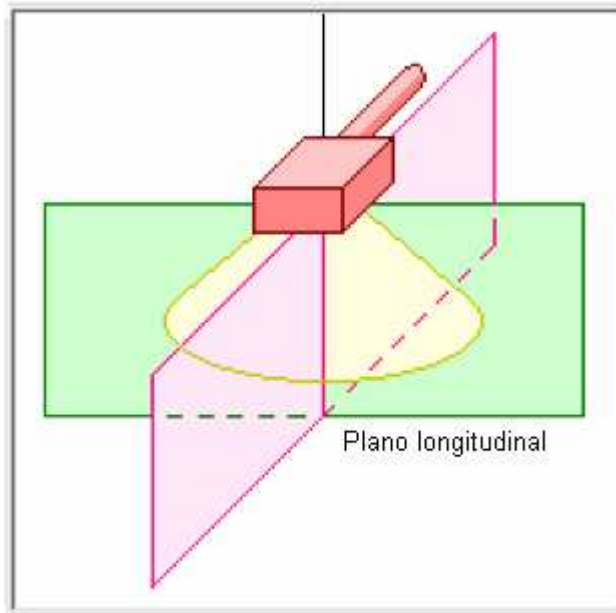
**Luminarias con dos planos de simetría.** En esta clasificación están las luminarias para lámparas fluorescentes.

Figura 1.13 Luminaria con dos planos de simetría. [36]



**Luminarias con un plano de simetría.** En esta clasificación están las luminarias de alumbrado vial.

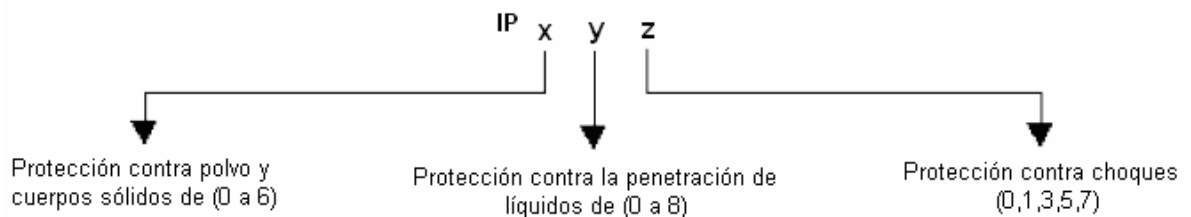
Figura 1.14 Luminaria con un plano de simetría. [38]



Como se puede ver en las figuras, esta clasificación se da en función de la forma en que la luminaria distribuye la luz de las lámparas.

**1.3.2 Clasificación según las características mecánicas.** Se pueden clasificar según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En esta clasificación, según las normas, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.

Figura 1.15 Clasificación de las luminarias según las características mecánicas. [6]



**1.3.3 Clasificación según las características eléctricas.** Las luminarias deben asegurar la protección de las personas contra los contactos eléctricos. Este grado de protección que ofrecen las luminarias se divide en cuatro clases (0, I, II, III).

Tabla 1.10 Clasificación de las luminarias según sus características eléctricas.

| Clase | Protección Eléctrica   |
|-------|--|
| 0     | Aislamiento normal sin toma de tierra  |
| I     | Aislamiento normal y toma de tierra  |
| II    | Doble aislamiento sin toma de tierra   |
| III   | Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a las mencionadas |

**1.3.4 Otras clasificaciones.** Otras clasificaciones posibles son según la aplicación a la que esté destinada la luminaria (alumbrado vial, alumbrado peatonal, proyección, industrial, comercial, oficinas, doméstico...) o según el tipo de lámparas empleado (para lámparas incandescentes o fluorescentes).

## 2. CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS

Las características fotométricas son un conjunto de datos que describen la distribución y la intensidad de la luz del conjunto lámpara-luminaria, siendo estos datos variables dependiendo de la lámpara y la luminaria empleadas.

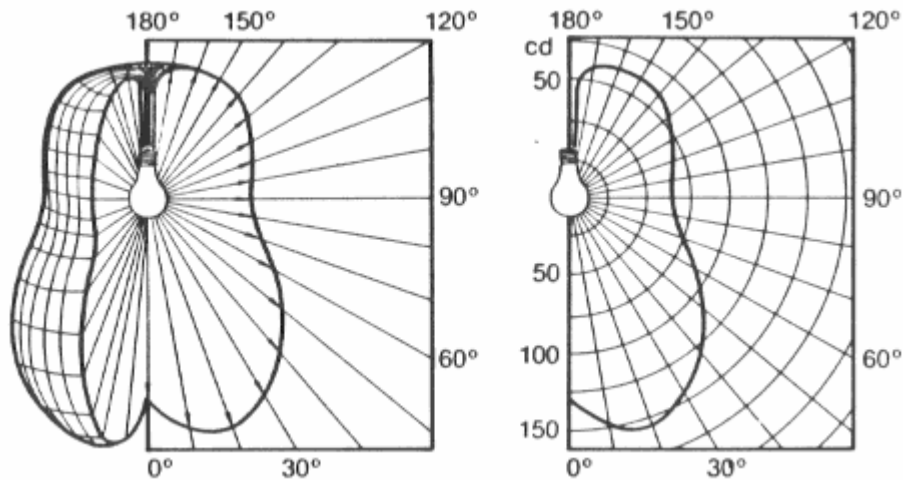
Los datos más habituales son:

- Curvas de intensidad luminosa.
- Diagrama isocandela.
- Curva isolux.
- Matriz de intensidades.
- Curva de factor de utilización.

### 2.1 CURVA DE INTENSIDAD O DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA

Esta curva es la representación grafica de la intensidad luminosa en las infinitas direcciones que parten del centro del conjunto lámpara-luminaria.

Figura 2.1 Curva de intensidad o distribución luminosa. [9]



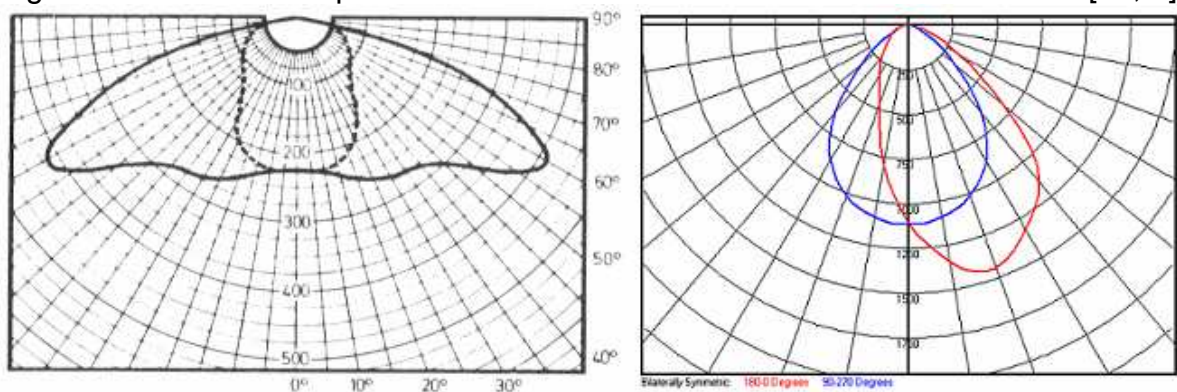
Este grafico muestra la forma en la cual la luminaria distribuye el flujo luminoso emitido por la lámpara. Este diagrama esta representado en coordenadas polares.

Mediante esta curva se pueden obtener valores de iluminancia en puntos específicos.

De la figura 2.1 es necesario mencionar que los radio-vectores que parten de la fuente representan una dirección determinada, los círculos concéntricos representan el valor de la intensidad luminosa en esa dirección (E).

Se debe aclarar que en algunos casos se tendrán varias curvas para una misma luminaria (en un solo plano coordenado), esto por lo que cada una de estas curvas estará representando planos diferentes ( $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  y  $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$ ) a partir de la vertical de la luminaria, plano longitudinal y transversal, por lo general se diferenciara una de otra por colores o por tipos de líneas (punteadas, continua, etc.).

Figura 2.2 Diferentes representaciones de la curva de distribución luminosa. [46, 1]

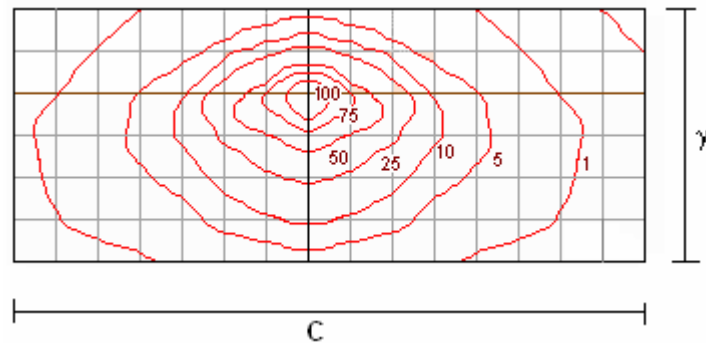


La curva más grande representa el plano transversal de la luminaria y la pequeña el plano longitudinal.

## 2.2 DIAGRAMA ISOCANDELA

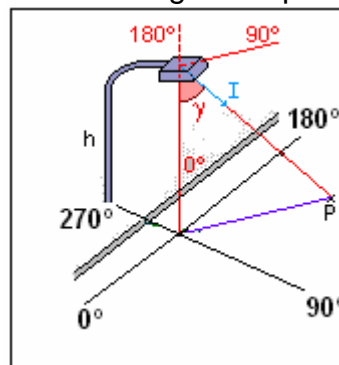
Diagrama en dos dimensiones donde se muestra el valor de la intensidad luminosa en función del ángulo  $\gamma$  y el plano C.

Figura 2.3 Diagrama isocandela. [14]



El plano C es el plano cuyo centro (0,0) está debajo de la vertical de la luminaria.

Figura 2.4 Representación grafica del origen del plano C y el ángulo  $\gamma$ . [41]

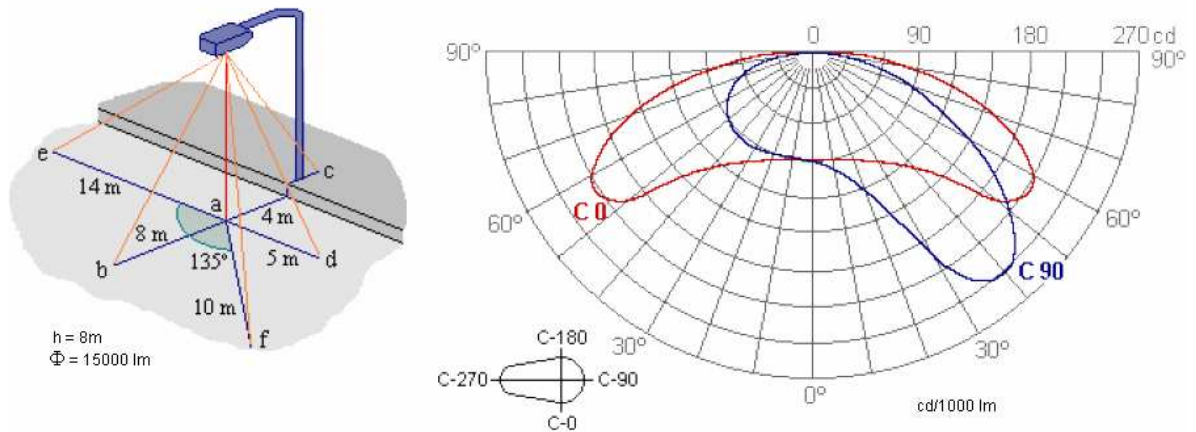


Ejemplo de aplicación:

Para el tramo de calle de la figura, calcular la iluminancia en los puntos a, b, c, d, e y f. La luminaria está a 8m de altura y la lámpara tiene un flujo de 15000 lm. Asimismo, se suministran los diagramas polares de las luminarias referenciadas a 1000 lm.



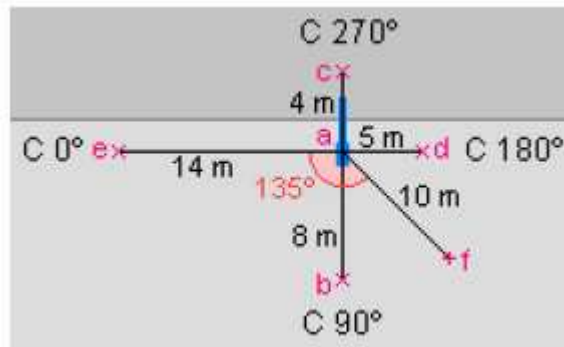
Figura 2.5 Tramo de calle, distribución de puntos y diagramas polares. [15]



### Solución

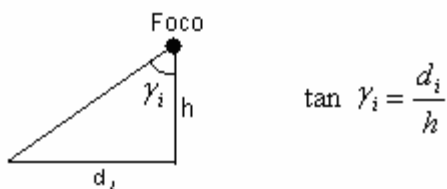
En este caso la intensidad no es uniforme ni constante en cualquier dirección y por ello se tiene que trabajar con gráficos. Esto no supone ninguna complicación adicional respecto a lo visto anteriormente y la mecánica y las fórmulas empleadas siguen siendo las mismas. La única diferencia está en que los valores de la intensidad, que ahora depende de los ángulos gamma y C, se tomarán de un gráfico polar.

Figura 2.6 Plano C. [44]



Los pasos a seguir son:

- Calcular  $\gamma$ :



- Leer  $I(\gamma)$  relativo del gráfico según el valor de  $C$  (si se dispone del gráfico hay que interpolar) y calcular  $I$  real:

$$I_{real} = \Phi_{lampara} \times \frac{I_{gráfico}}{1000} \quad (2.1)$$

- Calcular iluminancia:

$$E_i = \frac{I}{h^2} \times \cos^3 \gamma_i \quad (2.2)$$

### Iluminancia en a:

$$\gamma = 0^\circ$$

Gráfico  $C = 0^\circ$  o  $180^\circ$

Para  $\gamma = 0^\circ$  y  $C = 0^\circ$  el valor de  $I$  relativo es:

$$I_r = 90cd / 1000lm$$

Se aplica la formula 2.1 para obtener  $I$  real

$$I = \frac{90cd}{1000lm} \times 15 \times 10^3 lm = 1350cd$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \times \cos^3 \gamma}{h^2} = \frac{1350 \times \cos^3 0}{8^2} = 21.09lx$$

### Iluminancia en b:

$$\tan \gamma = \frac{d}{h} = \frac{1}{1} = 1 \quad ; \quad \gamma = 45^\circ$$

Gráfico transversal  $C = 90^\circ - 270^\circ$

Para  $\gamma = 45^\circ$  y  $C = 90^\circ$  el valor de  $I$  relativo es:

$$I_r = 230cd / 1000lm$$

Se aplica la fórmula 2.1 para obtener I real

$$I = \frac{230cd}{1000lm} \times 15 \times 10^3 lm = 3450cd$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \times \cos^3 \gamma}{h^2} = \frac{3450 \times \cos^3 45}{8^2} = 19.06lx$$

**Iluminancia en f:**

$$\tan \gamma = \frac{d}{h} = \frac{10}{8} = 1.25 \quad ; \quad \gamma = 51.3^\circ$$

A este punto le correspondería una curva de  $C = 135^\circ$ , pero como no se dispone de esta se debe interpolar la intensidad luminosa a partir de los valores de las curvas de  $C = 90^\circ$  y  $C = 180^\circ$  para un valor de  $\gamma$  de  $51.3^\circ$ .

$$C = 90^\circ \quad I_{90} = 210cd / 1000lm$$

$$C = 180^\circ \quad I_{180} = 180cd / 1000lm$$

$$I_{135} = I_{90} + (I_{180} - I_{90}) \times \frac{135 - 90}{180 - 90} = 210 + (180 - 210) \times \frac{135 - 90}{180 - 90} = 195cd / 1000lm$$

Aplicando la fórmula 2.1 para obtener I real

$$I = \frac{195cd}{1000lm} \times 15 \times 10^3 lm = 2925cd$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \times \cos^3 \gamma}{h^2} = \frac{2925 \times \cos^3 51.3}{8^2} = 11.17lx$$

Como se puede ver, la mecánica de cálculo es siempre la misma y los resultados finales son:

Datos:  $h = 8m$ ;  $\Phi_l = 15000lm$

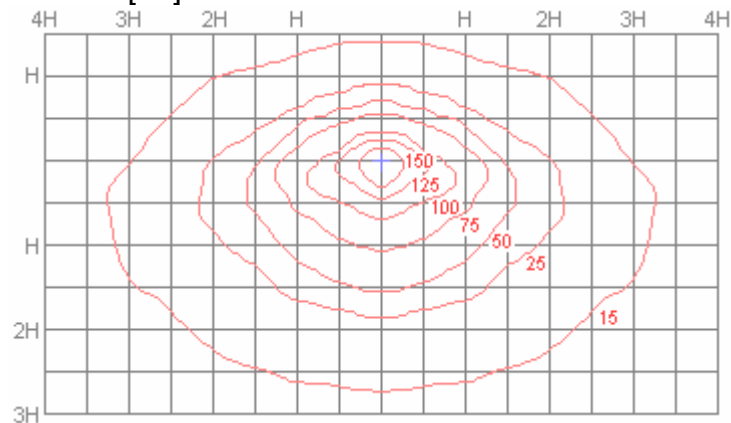
Tabla 2.1 Resultados obtenidos.

| Punto | d(m) | $\tan \alpha$ | $\alpha$ | C   | $I_r(\text{cd}/1000\text{lm})$ | $I(\text{lm})$ | $E(\text{lx})$ |
|-------|------|---------------|----------|-----|--------------------------------|----------------|----------------|
| a     | 0    | 0             | 0        | 0   | 90                             | 1350           | 21.09          |
| b     | 8    | 1             | 45       | 90  | 230                            | 3450           | 19.06          |
| c     | 4    | 0.5           | 26.6     | 270 | 90                             | 1350           | 15.08          |
| d     | 5    | 0.625         | 32       | 180 | 110                            | 1650           | 15.72          |
| e     | 14   | 1.75          | 60.3     | 0   | 210                            | 3150           | 6.15           |
| f     | 10   | 1.25          | 51.3     | 45  | 195                            | 2925           | 11.17          |

### 2.3 CURVA ISOLUX

Son curvas de nivel que muestran el valor del flujo luminoso recibido por una superficie (Iluminancia). En este grafico los puntos que reciben la misma iluminancia están unidos entre si por una línea. La cuadrícula sobre la cual están estas líneas esta dimensionada con respecto a la altura de montaje de la luminaria (H), en este caso también los círculos concéntricos indican el valor de la iluminancia (E).

Figura 2.7 Curva isolux. [11]

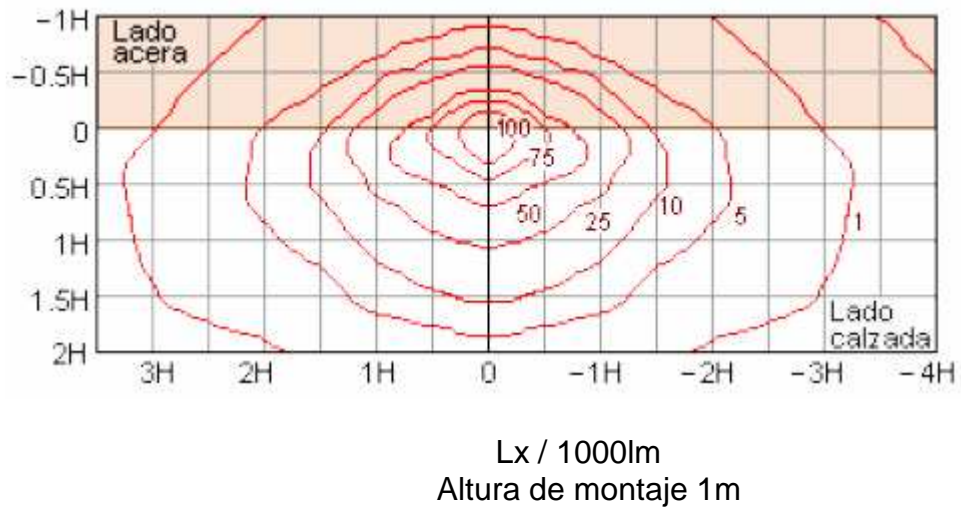


La mayoría de los casos esta curva viene adjunta solo con las luminarias de alumbrado público.

Ejemplo de aplicación:

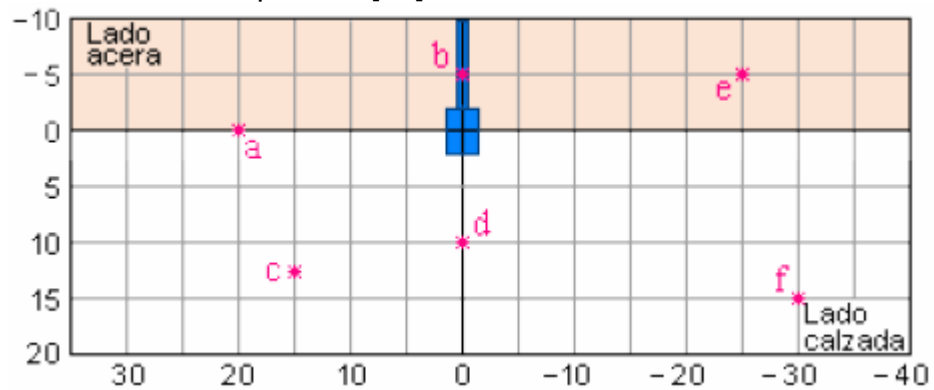
Un tramo de calle está iluminado por una luminaria de 10m de altura y 10000lm de flujo luminoso cuyo diagrama isolux se adjunta.

Figura 2.8 Diagrama isolux. [12]



Calcular la iluminancia en los siguientes puntos de la calzada:

Figura 2.9 Distribución de puntos. [16]



### Solución

Resolver este problema es muy sencillo, pues sólo hay que trasladar los puntos de la calle al diagrama isolux dividiendo sus coordenadas por la altura de la luminaria, leer los valores del gráfico y calcular la iluminancia con la fórmula.

$$E_{Hreal} = E_{Curva} \times \frac{\phi_{Lreal}}{1000} \times \frac{1^2}{H^2} \quad (2.3)$$

### Iluminancia en c:

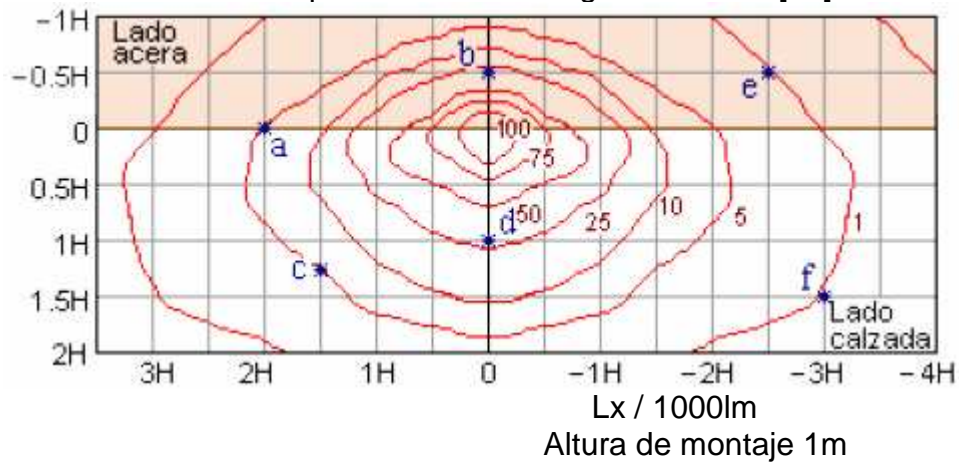
Las coordenadas absolutas de c son: x = 15m e y = 12.5m

Ahora se dividen por la altura (10m) para convertirlas en valores relativos que se situaran sobre el gráfico:

$$x_r = 1.5 ; y_r = 1.25$$

A continuación se leen los valores relativos de la iluminancia del diagrama:

Figura 2.10 Ubicación de los puntos sobre el diagrama isolux. [49]



| Coordenadas relativas | $E_r(lx/1000lm)$ |
|-----------------------|------------------|
| (1.5, 1.25)           | 5lx              |

Finalmente aplicamos la fórmula y ya está.

$$E = E_{Curva} \times \frac{\phi_{real}}{1000} \times \frac{1^2}{H^2} = 5 \times \frac{10000}{1000} \times \frac{1^2}{10^2} = 0.5lx$$

Como se puede ver el proceso a seguir es siempre igual y los resultados finales son:

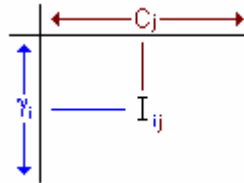
Tabla 2.2 Resultados finales.

| Punto | Coordenadas absolutas | Coordenadas relativas | $E_r(lx/1000lm)$ | $E(lx)$ |
|-------|-----------------------|-----------------------|------------------|---------|
| a     | (20,0)                | (2,0)                 | 100              | 10      |
| b     | (0,5)                 | (0,0.5)               | 25               | 2.5     |
| c     | (15,12.5)             | (1.5,1.25)            | 5                | 0.5     |
| d     | (0,10)                | (0,1)                 | 25               | 2.5     |
| e     | (25,5)                | (2.5,0.5)             | 1                | 0.1     |
| f     | (30,15)               | (3,1.5)               | 1                | 0.1     |

## 2.4 MATRIZ DE INTENSIDADES

Tabla que en función de ángulos verticales ( $\gamma$ ) y los planos de la luminaria (C), determina los valores de la intensidad luminosa suministrada por la luminaria en cualquier punto a su alrededor.

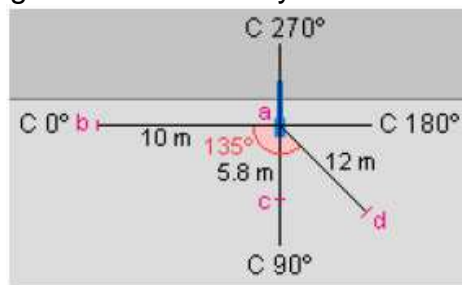
Figura 2.11 Representación del plano C y el ángulo  $\gamma$  en la matriz de intensidades. [24]



Ejemplo de aplicación:

Para el tramo de calle de la figura calcular las iluminancias de los puntos a, b, c y d a partir de la matriz de intensidad luminosa de la luminaria.

Figura 2.12 Plano C y matriz de intensidades. [43]



Otros datos:

$h = 10\text{m}$

$\Phi_i = 12000\text{lm}$

| $\gamma \backslash C$ | 90° | 120° | 150° | 180° | 210° | 240° | 270° |
|-----------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 0°                    | 140 | 140  | 140  | 140  | 140  | 140  | 140  |
| 10°                   | 120 | 130  | 130  | 135  | 160  | 200  | 230  |
| 20°                   | 110 | 120  | 120  | 125  | 210  | 290  | 310  |
| 30°                   | 100 | 110  | 115  | 160  | 300  | 320  | 330  |
| 40°                   | 90  | 100  | 110  | 180  | 400  | 330  | 260  |
| 50°                   | 70  | 80   | 100  | 200  | 450  | 190  | 110  |
| 60°                   | 60  | 70   | 120  | 280  | 470  | 90   | 60   |
| 70°                   | 30  | 20   | 60   | 230  | 300  | 60   | 20   |
| 80°                   | 5   | 8    | 10   | 15   | 35   | 40   | 15   |
| 90°                   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

cd / 1000lm

Solución

El problema es idéntico al anterior con la salvedad de que ahora dan una tabla en lugar de un gráfico.

**Iluminancia en a:**

Para  $\gamma = 0^\circ$  y  $C = 0^\circ$  el valor de I relativo es:

$$I_r = 140cd / 1000lm$$

Se aplica la fórmula 2.1 para obtener I real

$$I = \frac{140cd}{1000lm} \times 20 \times 10^3 lm = 2800cd$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \times \cos^3 \gamma}{h^2} = \frac{2800 \times \cos^3 0}{10^2} = 28lx$$

**Iluminancia en b:**

$$C = 0^\circ$$

$$\tan \gamma = \frac{d}{h} = \frac{10}{10} = 1 ; \gamma = 45^\circ$$

Como no se dispone de valores de  $\gamma$  para  $45^\circ$  se debe interpolar a partir de los valores de  $\gamma$  de  $40^\circ$  y  $50^\circ$  para  $C = 180^\circ$  (como la luminaria es simétrica los valores para  $C = 180^\circ$  y  $0^\circ$  son iguales).

$$\gamma = 40^\circ \quad I_{40} = 180cd / 1000lm$$

$$\gamma = 50^\circ \quad I_{50} = 200cd / 1000lm$$

$$I_{45} = I_{40} + (I_{50} - I_{40}) \times \frac{45 - 40}{50 - 40} = 180 + (200 - 180) \times \frac{45 - 40}{50 - 40} = 190cd / 1000lm$$

Aplicando la fórmula 2.2 para obtener I real

$$I = \frac{190cd}{1000lm} \times 20 \times 10^3 lm = 3800cd$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \times \cos^3 \gamma}{h^2} = \frac{3800 \cos^3 45}{10^2} = 13.44lx$$



**Iluminancia en c:**

$$C = 90^0$$

$$\tan \gamma = \frac{d}{h} = \frac{5.8}{10} ; \gamma \approx 30^0$$

Para  $\gamma = 30^0$  y  $C = 90^0$  el valor de I relativo es:

$$I_r = 100cd / 1000lm$$

Se aplica la fórmula 2.1 para obtener I real

$$I = \frac{100cd}{1000lm} \times 20 \times 10^3 lm = 2000cd$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \times \cos^3 \gamma}{h^2} = \frac{2000 \cos^3 30}{10^2} = 13lx$$

**Iluminancia en d:**

$$C = 135^0$$

$$\tan \gamma = \frac{d}{h} = \frac{12}{10} = 1.2 ; \gamma \approx 50^0$$

Como no se dispone de valores de C para  $135^0$  se tiene que interpolar a partir de los valores de C igual a  $120^0$  y  $150^0$  para un valor de  $\gamma$  de  $50^0$ .

$$C = 120^0 \quad I_{120} = 80cd / 1000lm$$

$$C = 150^0 \quad I_{150} = 100cd / 1000lm$$

$$I_{135} = I_{120} + (I_{150} - I_{120}) \times \frac{135 - 120}{150 - 120} = 80 + (100 - 80) \times \frac{135 - 120}{150 - 120} = 90cd / 1000lm$$

Aplicando la fórmula 2.1 para obtener I real

$$I = \frac{90cd}{1000lm} \times 20 \times 10^3 lm = 1800cd$$

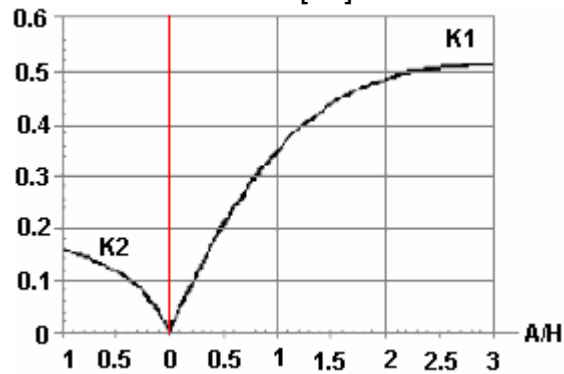
Finalmente:

$$E = \frac{I \times \cos^3 \gamma}{h^2} = \frac{1800 \cos^3 135}{10^2} = 4.78lx$$

## 2.5 CURVA DE FACTOR DE UTILIZACIÓN

Por medio de esta curva se determina la cantidad de flujo emitido por el conjunto lámpara-luminaria que alcanza la superficie del suelo. En esta curva se determina la cantidad de flujo emitido hacia adelante y hacia atrás del conjunto lámpara-luminaria.

Figura 2.13 Curva de factor de utilización. [10]



K1: Curva del flujo emitido hacia adelante, a partir de la vertical.

K2: Curva del flujo emitido hacia atrás, a partir de la vertical.

De la figura 2.10 el eje horizontal (eje X) corresponde a la relación A/H y el eje vertical (eje Y) corresponde a valores de K1 y K2 (%).

Donde: A: Ancho desde la vertical de la luminaria hasta el punto de interés.

H: Altura de montaje de la luminaria.

### 3. DISEÑO DE INSTALACIONES LUMÍNICAS

Para obtener una iluminación adecuada para la comodidad visual, se puede diseñar una iluminación uniforme en la superficie del local o bien, iluminar de forma individual y especial el lugar de estudio o trabajo mediante un criterio localizado.

También puede producirse el caso, de que, para determinadas tareas, aún teniendo un alumbrado general satisfactorio, sea necesaria una exigencia mayor en determinados puntos, a los que se les complementará la iluminación, para adaptarlos a ciertos valores específicos en lugares donde se realizan importantes trabajos visuales.

Existen varios tipos de alumbrado, los cuales indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, distinguiremos tres casos:

#### 3.1 TIPOS DE ALUMBRADO

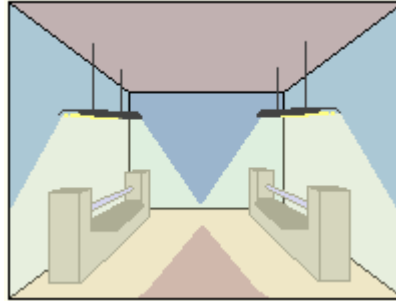
**3.1.1 Alumbrado General.** El alumbrado general, proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada, éste se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local. Se usa habitualmente en oficinas, salones de clase, fábricas, comercios, etc. [8]

Figura 3.1 Alumbrado general. [3]



**3.1.2 Alumbrado General-Localizado.** El alumbrado general-localizado, proporciona una distribución no uniforme de la luz, éste se emplea cuando se necesita un nivel de iluminación más alto, en una parte específica del área total a iluminar. Es adecuado para aquellos espacios o áreas de trabajo que necesitan un alto nivel de iluminación.

Figura 3.2 Alumbrado general localizado. [4]



**3.1.3 Alumbrado Localizado.** Este método se utiliza cuando se necesita un nivel de iluminación más alto en ciertas áreas, donde se realizan tareas o trabajos concretos. [8]

Figura 3.3 Alumbrado localizado. [5]

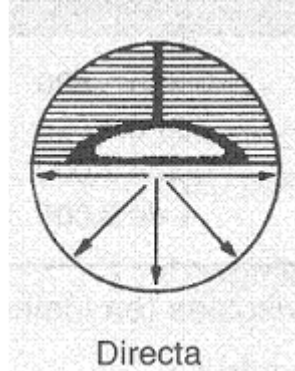


## 3.2 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Los sistemas de iluminación tienen que ver con la cantidad y calidad de luz que llega a un ambiente o área en particular, son varias las formas en las que se pueden ubicar las fuentes luminosas para solucionar problemas visuales o simplemente para satisfacer las necesidades.

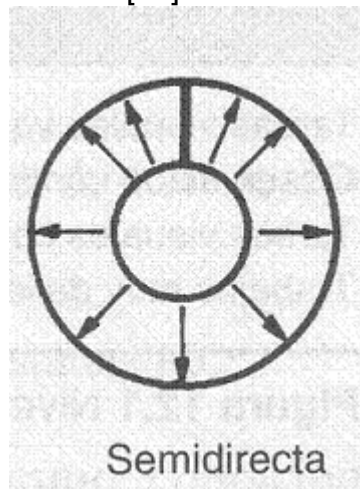
**3.2.1 Iluminación Directa.** Es aquella en la cual la fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo o sobre la zona a iluminar. Con este sistema se logra aprovechar entre un 90 y un 100 % de la luz. Cuando se utiliza la iluminación directa, es necesario aumentar considerablemente el número de dispositivos de alumbrado, ya que sus altos niveles de iluminación son los apropiados para puestos de trabajo.

Figura 3.4 Iluminación directa. [47]



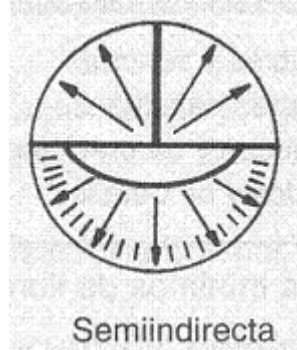
**3.2.2 Iluminación Semi-Directa.** En este sistema de iluminación la proyección del flujo luminoso que sale al área de trabajo proviene de la combinación de la luz directa de la fuente luminosa y una parte del flujo luminoso que se refleja en las paredes y techos, lo que hace concluir que su empleo debe limitarse a los casos en los que el techo del sitio a iluminar no es muy alto. Con este sistema podemos aprovechar entre un 10 y un 40 % de luz.

Figura 3.5 Iluminación semi-directa. [47]



**3.2.3 Iluminación Semi-Indirecta.** Es aquella en la cual una parte del flujo luminoso incide en el techo, y la parte restante en otro tipo de superficie que lo refleja hacia la zona de trabajo. Sólo entre el 10 el 40 % de la luz es directa y el resto es por refracción.

Figura 3.6 Iluminación semi-indirecta. [47]



**3.2.4 Iluminación Difusa.** Es aquella en la que la fuente luminosa emite rayos, los cuales son dirigidos directamente a una superficie opaca y al traspasarlas se reparten uniformemente en todas las direcciones del área de trabajo. En este sistema no solo interviene la reflexión de la luz sobre el techo, sino que también la reflexión de la luz sobre las paredes, es aconsejable que el techo y las paredes estén pintados de colores claros, esto con el fin de disminuir las pérdidas por absorción. Se aprovecha un 50 % de luz reflejada.

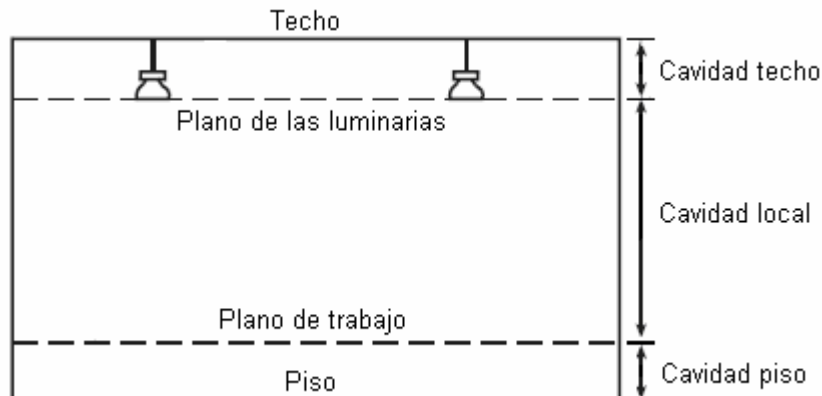
### 3.3 CÁLCULO DE INSTALACIONES LUMÍNICAS

Existen varios métodos para el cálculo de iluminación, tanto para interiores como para exteriores. Nos enfocaremos en dos de los métodos aplicables en iluminación interior.

La finalidad de cualquiera de los métodos es determinar el número de luminarias requeridas para obtener el nivel de iluminación apropiado a la labor que se ha de realizar en el local. Estos métodos permiten realizar diseños de alumbrado general y deben ser aplicados en locales preferiblemente regulares (rectangulares).

**3.3.1 Método de las cavidades zonales.** Este método, como su nombre lo indica, divide el local en cavidades individuales: Cavidad entre el techo y las luminarias, si están suspendidas, se define como la “cavidad techo”; la cavidad entre el plano de trabajo y el piso, se define como la “cavidad piso”; y el espacio entre las luminarias y el plano de trabajo, la “cavidad local”.

Figura 3.7 Cavidades zonales.



Esta forma de analizar por separado el comportamiento de los tres sectores más importantes del área total de un local a iluminar, hace que los cálculos realizados tengan una mayor precisión. Este método proporciona la iluminación promedio, considera no únicamente la luz que llega al plano de trabajo, sino también la reflejada por techos, paredes y pisos.

Las grandes desventajas de este método son que no determina el rango de intensidad de luz en un local ni donde ocurren o suceden las diferencias en los niveles de intensidad de luz y no puede proveer información acerca de la calidad de la luz, desempeño visual o los patrones de iluminación en el local.

Puede ser utilizado para calcular el número de luminarias requeridas para producir un nivel de luz deseado. Mientras el método es normalmente usado con sistemas de alumbrado directo, éste puede ser usado con los sistemas de alumbrado directo, y directo-indirecto.

Los cálculos de este método son patrones típicos de programas o proyectos pequeños hechos en computadores. Los datos requeridos para los cálculos son simples:

- Nivel de iluminación
- Características físicas del local, incluyendo largo, ancho y alto.
- Porcentaje de la luz reflejada por la superficie del local (techo, paredes y piso).
- Altura del plano de trabajo (altura del escritorio o altura sobre la cual la tarea visual se va a llevar a cabo).
- Distancia desde el plano de trabajo a las luminarias.
- Número de lámparas por luminaria y rendimiento luminoso de cada lámpara.

Procedimiento de cálculo:

Desde el punto de vista práctico se muestra el procedimiento para calcular el número de luminarias necesarias para obtener por medio de un alumbrado general la iluminancia promedio.

$$N = \frac{E_{med} * (A * L)}{CU * F_p * LL} \quad (3.1)$$

Donde:

N: Número de luminarias requeridas.

E<sub>med</sub>: Nivel de iluminación requerido.

Nivel de iluminación requerido (E<sub>med</sub>), se expresa en luxes, indica la cantidad de luz que debe tener la zona donde se desarrolla la actividad visual, sin que se presenten molestias a la vista.

El nivel de iluminación está establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

A: Ancho del local.

L: Longitud del local.

LL: lúmenes totales por luminaria.

F<sub>p</sub>: Factor de Pérdidas de Luz.

Este valor involucra todos aquellos aspectos que inciden negativamente sobre el número de lúmenes emitidos por la lámpara. Estos aspectos son principalmente los siguientes:

- Característica del balasto.
- Voltaje de alimentación.
- Temperatura ambiente.
- Fallo de lámparas.
- Disminución luminosa de la lámpara, debido al envejecimiento de ésta.
- Disminución luminosa por suciedad. [18]

De acuerdo a los aspectos mencionados anteriormente los valores típicos de este factor para los diferentes tipos de lámparas se encuentran dentro de estos rangos:



Tabla 3.1 Factor de perdidas según el tipo de lámpara.

| Tipo de lámpara | Factor de perdidas de luz (Fp) |        |
|-----------------|--------------------------------|--------|
|                 | Mínimo                         | Máximo |
| Incandescente   | 0,6                            | 0,8    |
| Fluorescente    | 0,64                           | 0,82   |
| Mercurio        | 0,7                            | 0,83   |
| Sodio           | 0,74                           | 0,88   |

De la tabla 3.1 se debe aclarar que los valores mínimos se toman cuando el local se encuentra sucio, y los valores máximos cuando el local está limpio.

CU: Coeficiente de utilización.

El coeficiente de utilización es el término que define el comportamiento que tendrá la luminaria en determinado local, su valor está ligado con las condiciones de limpieza del local, color y estado de las superficies y también está ligado con las dimensiones del local, puesto que interviene la relación de cavidad local.

A continuación se muestran los diferentes valores de reflectancias establecidos según las condiciones de limpieza, según los colores y de acuerdo al material:

Reflectancias Techo (pcc): 80% - 70% - 50% - 30% - 10%.

Reflectancia piso (pfc): 20%.

Reflectancias paredes (pw): 50% - 30% - 10%.

Tabla 3.2 Reflectancias según colores

| COLOR                   | NIVEL DE REFLEXION<br>% |
|-------------------------|-------------------------|
| Blanco                  | 70-85                   |
| Gris claro              | 40-50                   |
| Gris oscuro             | 10-20                   |
| Negro                   | 3-7                     |
| Crema-Amarillo<br>claro | 50-75                   |
| Marrón claro            | 30-40                   |
| Marrón oscuro           | 10-20                   |
| Rosa                    | 45-56                   |
| Rojo claro              | 30-50                   |
| Rojo oscuro             | 10-20                   |
| Verde claro             | 45-65                   |
| Verde oscuro            | 10-20                   |
| Azul claro              | 40-55                   |
| Azul oscuro             | 5-15                    |

Tabla 3.3 Reflectancias según material

| MATERIAL           | NIVEL DE REFLEXION<br>% |
|--------------------|-------------------------|
| Mortero claro      | 35-55                   |
| Mortero oscuro     | 20-30                   |
| Hormigón claro     | 30-50                   |
| Hormigón oscuro    | 15-25                   |
| Arsénico claro     | 3-4                     |
| Arsénico oscuro    | 15-25                   |
| Ladrillo claro     | 3-4                     |
| Ladrillo oscuro    | 15-25                   |
| Mármol blanco      | 60-70                   |
| Granito            | 15-25                   |
| Madera clara       | 30-50                   |
| Madera oscura      | 10-25                   |
| Aluminio mate      | 55-60                   |
| Aluminio anodizado | 80-85                   |

Los valores altos de reflectancias corresponden a condiciones de más limpieza y claridad de los colores.

Para el cálculo del coeficiente de utilización, como se ha mencionado, el local se debe dividir en tres cavidades como se muestra en la figura 3.7.

De esta distribución de zonas se definen las llamadas Relación de la cavidad del techo, Relación de la cavidad del local y Relación de la cavidad del piso, con las siguientes expresiones:

Relación de Cavidad del Local (RCL)

$$RCL = \frac{5 * HL * (L + A)}{L * A} \quad (3.2)$$

Relación de Cavidad del Techo (RCT)

$$RCT = \frac{5 * HT * (L + A)}{L * A} \quad (3.3)$$

Relación de Cavidad del Piso (RCP)

$$RCP = \frac{5 * HP * (L + A)}{L * A} \quad (3.4)$$

Donde:

HT: altura cavidad techo.

HL: altura cavidad local.

HP: altura cavidad piso.

H: es la cavidad del techo, local o piso.





L: es la longitud del local.

A: es el ancho del local.

Es necesario aclarar que en el caso donde las luminarias van incrustadas o sobrepuestas en el techo, en lugar de suspendidas, o si el piso es el plano de trabajo, las relaciones de cavidad de estos lugares serán cero, de acuerdo a las ecuaciones 3.3 y 3.4, donde  $HT=0$  y  $HP=0$ .

A partir de las reflectancias de techo, paredes y con la relación cavidad local, se va a una tabla de coeficiente de utilización aplicada al tipo de luminaria seleccionada (por ejemplo la tabla 3.4 correspondiente a luminarias fluorescentes típicas).

Tabla 3.4 Coeficiente de utilización. [18]

| TIPO DE LUMINARIA  | Distribución en % de luminarias en lámparas y sus aparatos de iluminación superior al por altura de montaje | Capacidad de trabajo | Coeficiente de utilización |          |          |          |          |
|--|---|----------------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
|  |   |                      | 100                        | 70       | 50       | 30       | 10       |
|  |   |                      | 100                        | 70       | 50       | 30       | 10       |
|  |   |                      | 100                        | 70       | 50       | 30       | 10       |
| Coeficientes de utilización  |   |                      |                            |          |          |          |          |
| <br>lámparas con cavidad dura<br>SM: 1.3        | 1%  | 1                    | 85.43.41                   | 43.41.35 | 40.38.31 | 38.35.34 | 34.33.27 |
|  |   | 2                    | 89.35.33                   | 37.34.31 | 34.32.30 | 32.30.28 | 29.28.26 |
|  |   | 3                    | 34.30.27                   | 33.29.26 | 30.27.25 | 28.26.24 | 26.24.22 |
|  |   | 4                    | 30.26.23                   | 29.25.22 | 27.24.21 | 25.22.20 | 23.21.19 |
|  |   | 5                    | 26.22.19                   | 25.21.18 | 23.20.18 | 21.19.17 | 20.18.16 |
|  |   | 6                    | 23.19.16                   | 22.19.16 | 21.18.15 | 19.17.14 | 18.15.14 |
|  |   | 7                    | 21.17.14                   | 20.16.14 | 19.16.13 | 18.15.13 | 16.14.12 |
|  |   | 8                    | 19.15.12                   | 18.14.12 | 17.14.11 | 16.13.11 | 15.12.10 |
|  |   | 9                    | 17.13.10                   | 16.13.11 | 15.12.10 | 14.11.09 | 13.11.09 |
|  |   | 10                   | 15.12.09                   | 15.11.09 | 14.11.09 | 13.10.08 | 12.10.08 |
| <br>lámparas con cavidad blanda<br>SM: 1.3      | 20%   | 1                    | 85.81.77                   | 81.77.73 | 77.73.67 | 65.64.62 | 50.58.56 |
|  |   | 2                    | 73.65.61                   | 69.63.59 | 63.58.54 | 57.53.50 | 51.48.45 |
|  |   | 3                    | 63.58.50                   | 60.53.48 | 56.49.44 | 50.46.41 | 45.41.38 |
|  |   | 4                    | 56.47.41                   | 52.46.40 | 48.42.37 | 44.38.34 | 40.35.32 |
|  |   | 5                    | 49.40.34                   | 46.35.33 | 42.31.27 | 38.27.23 | 35.24.22 |
|  |   | 6                    | 43.35.27                   | 41.34.28 | 38.31.26 | 34.25.24 | 31.24.23 |
|  |   | 7                    | 39.31.25                   | 37.29.24 | 34.25.23 | 31.25.21 | 28.24.19 |
|  |   | 8                    | 34.27.21                   | 32.26.21 | 30.24.19 | 27.22.18 | 25.20.17 |
|  |   | 9                    | 31.22.18                   | 29.21.18 | 27.21.17 | 25.19.16 | 22.18.14 |
|  |   | 10                   | 28.21.16                   | 27.21.16 | 26.19.15 | 24.17.14 | 22.16.13 |
| <br>lámparas con cavidad blanda<br>SM: 1.4      | 12.5%   | 1                    | 84.65.49                   | 81.71.58 | 77.67.65 | 70.65.61 | 65.61.58 |
|  |   | 2                    | 81.71.58                   | 77.63.57 | 69.59.54 | 61.53.50 | 57.50.49 |
|  |   | 3                    | 77.63.57                   | 72.61.57 | 66.57.54 | 59.53.50 | 54.48.45 |
|  |   | 4                    | 72.61.57                   | 67.59.54 | 61.53.50 | 54.48.45 | 51.48.45 |
|  |   | 5                    | 67.59.54                   | 62.57.54 | 56.53.50 | 49.48.45 | 45.41.38 |
|  |   | 6                    | 62.57.54                   | 57.54.51 | 51.48.45 | 44.43.40 | 40.35.32 |
|  |   | 7                    | 57.54.51                   | 52.52.50 | 46.48.43 | 39.43.38 | 35.30.26 |
|  |   | 8                    | 52.52.50                   | 47.50.47 | 41.46.41 | 34.41.36 | 31.24.23 |
|  |   | 9                    | 47.50.47                   | 42.48.44 | 36.44.39 | 29.39.34 | 26.23.20 |
|  |   | 10                   | 42.48.44                   | 37.46.41 | 31.42.36 | 24.37.32 | 21.17.15 |
| <br>lámparas suspendidas con cavidad<br>SM: 1.4 | 6%  | 1                    | 47.46.43                   | 46.45.44 | 44.42.41 | 40.39.38 | 37.36.35 |
|  |   | 2                    | 46.45.44                   | 45.44.43 | 43.41.40 | 39.38.37 | 36.33.32 |
|  |   | 3                    | 45.44.43                   | 44.43.42 | 42.40.39 | 38.35.34 | 35.30.29 |
|  |   | 4                    | 44.43.42                   | 43.42.41 | 41.39.38 | 37.34.33 | 34.29.32 |
|  |   | 5                    | 43.42.41                   | 42.41.40 | 40.38.37 | 36.33.32 | 33.28.27 |
|  |   | 6                    | 42.41.40                   | 41.40.39 | 39.36.35 | 35.30.29 | 32.25.24 |
|  |   | 7                    | 41.40.39                   | 40.39.38 | 38.35.34 | 34.29.32 | 31.24.23 |
|  |   | 8                    | 40.39.38                   | 39.38.37 | 37.34.33 | 33.28.27 | 30.23.22 |
|  |   | 9                    | 39.38.37                   | 38.37.36 | 36.33.32 | 32.25.24 | 29.20.19 |
|  |   | 10                   | 38.37.36                   | 37.36.35 | 35.31.30 | 31.24.23 | 28.19.18 |

Con los valores hallados (RCL) y asumidos (reflectancias), se busca en la columna de la relación de cavidad del local el valor obtenido, al ubicar el valor se recorre la fila hasta encontrar la combinación de las reflectancias asumidas y así se obtiene el coeficiente de utilización.

Ya teniendo todos los valores, se calcula el número de luminarias (N), y se proceder con la ubicación de las luminarias. Se debe tratar de lograr una distribución uniforme de la iluminación en todo el local.

Otro factor a tener en cuenta en la distribución de las luminarias, es que éstas queden conectadas eléctricamente en forma escalonada o sectorizada, ésto con el fin de poder en un momento dado utilizar sólo una parte de las luminarias, como es el caso cuando exista iluminación natural (ventanas, claraboyas, etc.); con lo anterior se logra un gran ahorro en el consumo de energía. [18]

### 3.4 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se diseñará la iluminación de la sala de estudiantes de Tecnología Eléctrica, cuyas dimensiones son: ancho 4.97m, largo 5.88m y altura 2.80m. Los colores del techo y paredes son claros y no presentan mucha suciedad. Adicionalmente debido a la altura del local, las luminarias deben ir sobrepuestas en el techo.

Para el cálculo de este diseño de iluminación, se procederá en forma secuencial, como fue explicado anteriormente.

Emed= 500 luxes, este es el nivel de iluminación recomendado para estos sitios según el RETIE.

Analizando las características de las lámparas fluorescentes (Capítulo1), se puede deducir que son las más recomendables para utilizar en la iluminación de oficinas, salas de estudio en general en sitios donde el nivel de iluminación necesario sea elevado.

Para este ejemplo haremos uso de la lámpara fluorescente T8, sus características son:

Tabla 3.5 Datos característicos de la lámpara utilizada.

| Tipo de lámpara | Vatios | Lúmenes totales | Lúmenes/Vatios | Vida Prom. (horas) |
|-----------------|--------|-----------------|----------------|--------------------|
| T8              | 32     | 2950            | 92.2           | 20000              |

Teniendo claro el tipo de lámpara que se va a utilizar, el siguiente paso es la elección del tipo de luminaria.

Al momento de hacer la elección se debe tener en cuenta la distribución de la iluminación (Capítulo 1). La luminaria seleccionada fue la luminaria N° 23 (Ver tabla 3.4)

Como ya se conocen los datos característicos de la lámpara y cual es la luminaria que se utilizará, se puede calcular  $LL$ .

$$LL = 2 * 32W * 92.2 \frac{Lm}{W} = 5900.8 \text{ lúmenes}$$

Factor de pérdidas de luz ( $F_p$ ), de acuerdo al tipo de lámpara y a la limpieza del local el valor que se eligió fue 0.8 (Ver tabla 3.1).

Ya que el estado físico del techo y las paredes son buenos, se trabajará con reflectancias para la cavidad del techo del 80%, para las paredes del 50% y para la cavidad del piso del 20%.

Debido a que las luminarias van sobrepuestas en el techo, por la altura del local, la reflectancia del techo de 80% se convierte en reflectancia efectiva de la cavidad del techo, por lo que no hay que corregirla, lo que si sucedería si las luminarias estuvieran suspendidas del techo. Solo hace falta calcular la relación de cavidad del local ( $RCL$ ) para proseguir como se indicó anteriormente con el cálculo del coeficiente de utilización.

$$RCL = \frac{5 * 2.03m * (5.88m + 4.97m)}{5.88m * 4.97m} = 3.7684 \approx 4$$

Siguiendo las indicaciones, el coeficiente de utilización para este caso es 0.64, ya teniendo cada uno de los valores se puede calcular el número de luminarias requeridas ( $N$ ).

$$N = \frac{500 * 5.88 * 4.97}{0.64 * 0.8 * 5900.8} = 4.836$$

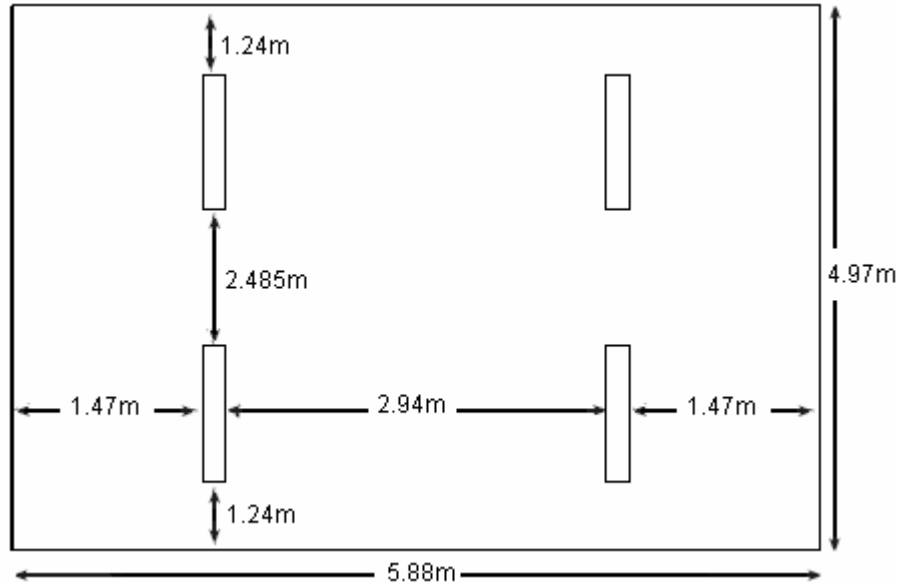
Se utilizarán 4 luminarias con el fin de mantener el nivel de iluminación dentro de los límites (300 a 700 luxes), con estas cuatro luminarias la sala quedará con un nivel de iluminación de:

$$E_{real} = \frac{\phi_{instalado} * CU * F_p}{Area} \quad (3.5)$$

$$E_{real} = \frac{5900.8 * 4 * 0.64 * 0.8}{4.97 * 5.88} = 413.53 \text{ luxes}$$

La distribución de las luminarias debe ser uniforme, para lograrlo es necesario tener en cuenta que la distancia entre luminarias sea el doble de la distancia a la pared, como lo muestra la figura 3.8.

Figura 3.8 Distribución de las luminarias.



### 3.5 MÉTODO PUNTO POR PUNTO

Se utiliza en casos de cálculos de iluminación en instalaciones de alumbrado general o individual donde la luz no se distribuye uniformemente; ello es debido a que este método nos permite conocer la luminosidad en puntos determinados; se toma en cuenta únicamente la luz que incide en un punto y la luz que pueda ser reflejada por un elemento cercano se desprecia.

La luminancia en estos puntos viene dada por la suma de dos frentes: una componente directa producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias y otra llamada indirecta o reflejada que procede de las reflexiones.

Para aplicar este método, se deberá conocer la forma en que la luminaria distribuye el flujo luminoso que emite la fuente de luz. Las fórmulas para el cálculo del nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal ó vertical son:

En el plano Horizontal

$$E_{ph} = \frac{I}{H^2} * \cos^3 \alpha \quad (3.6)$$

En el plano vertical

$$E_{pv} = \frac{I}{H^2} * \cos^2 \alpha * \sin \alpha \quad (3.7)$$

Donde:

$E_{ph}$ = Nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal (Lux)

$E_{pv}$ = Nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical (Lux)

$I$ = Intensidad luminosa en una dirección dada (candelas)

$H$ = Altura de montaje de la luminaria normal al plano horizontal que contiene al punto

$\alpha$  = Angulo formado por el rayo de luz y la vertical que pasa por la luminaria

Para aplicar este método, se deberá conocer la forma en que la luminaria distribuye el flujo luminoso que emite la fuente de luz (Curva de distribución luminosa).

## 4. SOFTWARE VISUAL VERSIÓN PROFESIONAL (MANUAL DEL USUARIO)

En este capítulo se indicarán las funciones de algunos de los comandos de la barra del menú principal. También se indicará cómo se accede a alguno de estos comandos.

Se dirá la función de algunos comandos ya que los otros como en cualquier otro programa realizan funciones simples y conocidas.

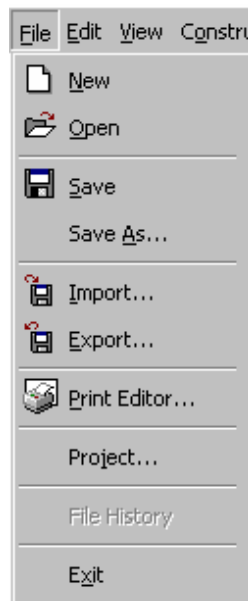
A continuación podrá encontrar los comandos según su ubicación en la barra herramientas/menú principal.

Figura 4.1 Barra de menú principal. [2]



### 4.1 MENÚ FILE

Figura 4.2 Menú File. [2]



**4.1.1 Comando Import.** Este comando permite importar archivos de otras extensiones, tales como: \*.DWG, .DXF



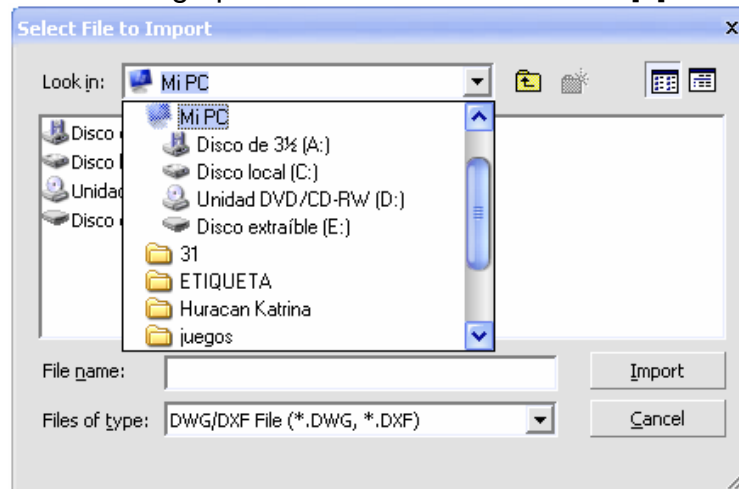
Estas dos extensiones son propias de archivos CAD, lo que cada una de éstas significa es una cadena de caracteres anexada al nombre de un archivo, su función principal es diferenciar el contenido del archivo de modo que el sistema operativo disponga el procedimiento necesario para ejecutarlo o interpretarlo, sin embargo, la extensión es solamente parte del nombre del archivo y no representa ningún tipo de obligación respecto al contenido del mismo.

El formato .dxf permite compartir gráficos con otras plataformas de dibujo CAD, reservándose AUTOCAD el formato .dwg para sí mismo.

Para abrir un archivo de las extensiones que se mencionan anteriormente se procede de la siguiente manera:

Seleccione Import del menú FILE, en seguida se abrirá la ventana.

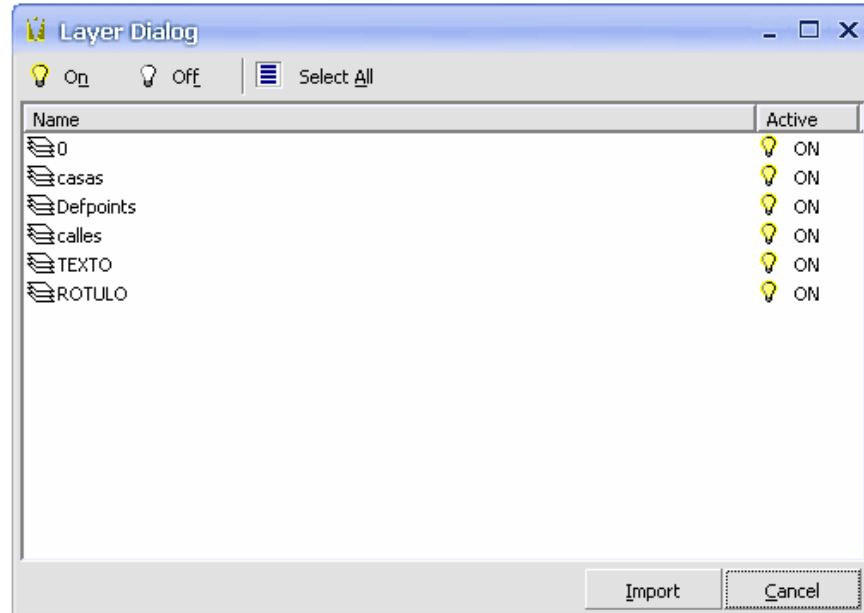
Figura 4.3 Cuadro de diálogo para la selección de archivo. [2]



En esta ventana seleccione la carpeta donde se encuentra el archivo que quiere importar. Cuando haya encontrado la carpeta que busca, ábrala y ubique el archivo que está buscando; haga doble click sobre él, o escriba el nombre del archivo en la casilla de texto File name e inmediatamente se abrirá una ventana en la que podrá activar o desactivar los layers que quiere o necesita ver.

En archivos CAD layer es una capa. Las capas se superponen para obtener un gráfico completo. Los archivos CAD son archivos que han sido diseñados con alguna herramienta computacional; los usos de estas herramientas varían desde aplicaciones basadas en vectores y sistemas de dibujo en 2 dimensiones (2D) hasta modeladores en 3 dimensiones (3D) a través del uso de modeladores de sólidos y superficies perimétricas.

Figura 4.4 Ventana para la activación/desactivación de layers. [2]



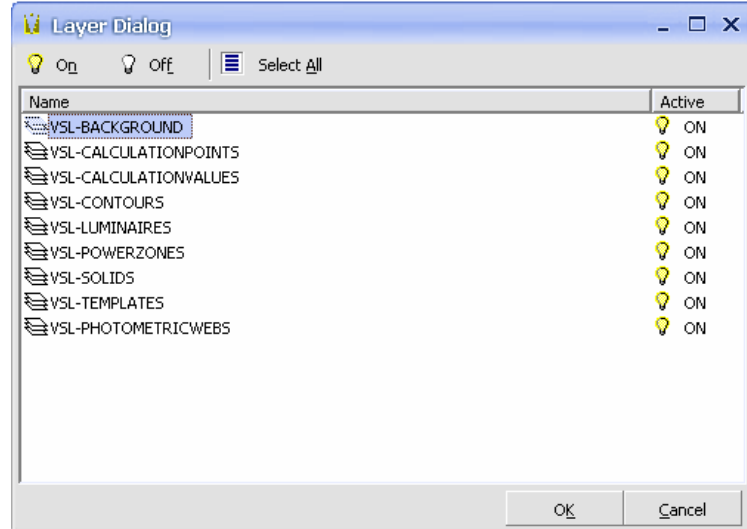
Para activar o desactivar los layers, solo debe seleccionarlos y en la parte superior de la ventana están ubicados dos iconos (bombillos On, Off), con los que puede activar o desactivar los layers del archivo que necesita importar; cuando tenga listo el archivo debe hacer click en Import, enseguida se abrirá el archivo como lo definió, con sus propias exigencias.

**4.1.2 Comando Export.** Con este comando puede guardar un archivo propio, de extensión \*.VSL como un archivo de extensiones \*.DWG, \*.DXF

Proceda de la siguiente forma:

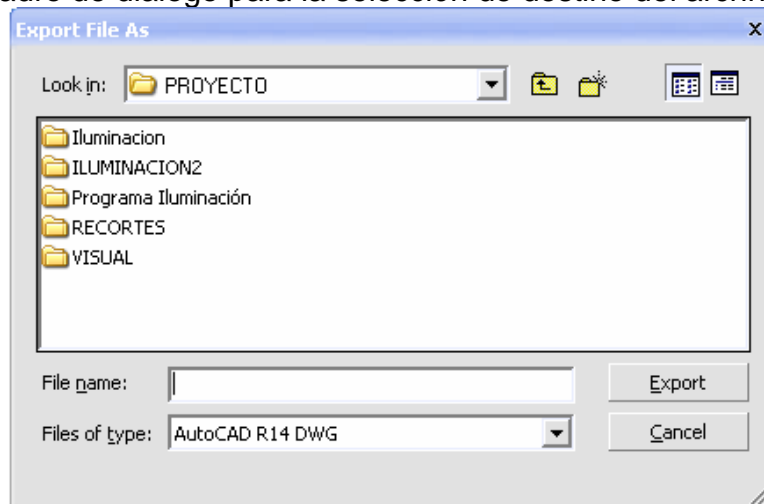
Seleccione Export del menú File, una ventana se abrirá, en ésta deberá activar o desactivar los layers que necesita.

Figura 4.5 Ventana para la activación/desactivación de layers2. [2]



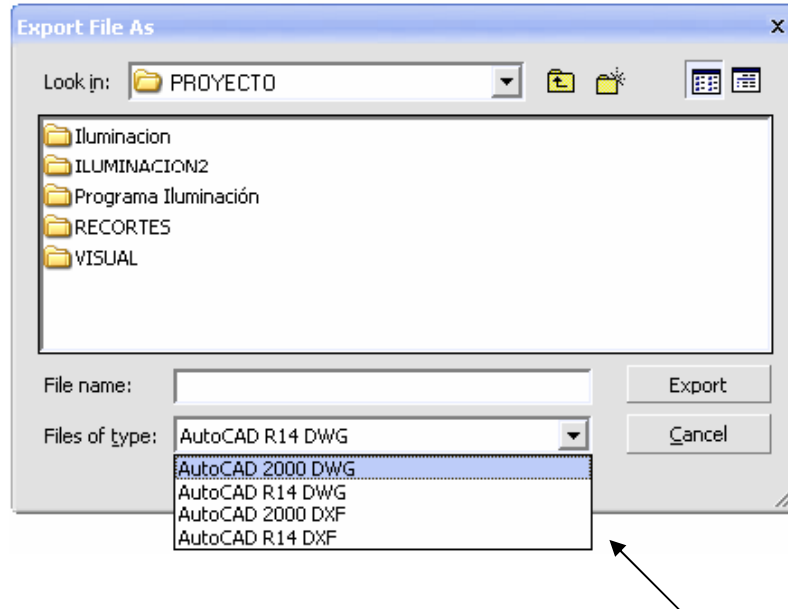
Cuando haya activado o desactivado los layers deseados, haga click en OK, se abrirá una ventana en la cual debe buscar la carpeta en la que quiere guardar el archivo.

Figura 4.6 Cuadro de dialogo para la selección de destino del archivo. [2]



Luego escoja la extensión con la que quiere guardar el archivo en la casilla Files of type. Cuando haya realizado lo anterior haga click en Export.

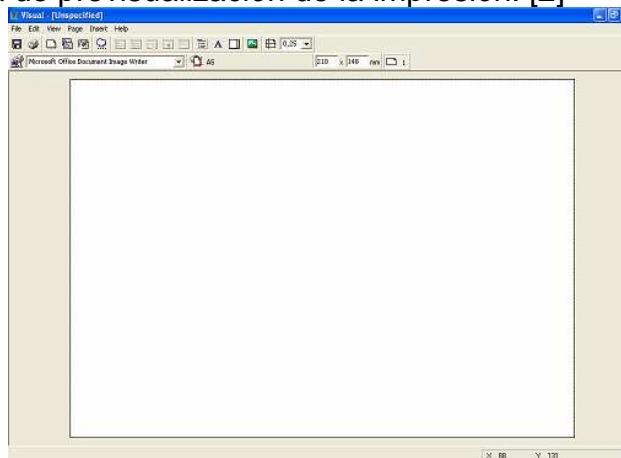
Figura 4.7 Cuadro de dialogo para la selección de extensión. [2]



Ahora observe en la carpeta donde guardó el archivo y verá que está guardado allí con la extensión que seleccionó.

**4.1.3 Comando Print Editor.** Con este comando puede crear su propia impresión. Seleccione Print Editor del menú File, se abrirá una ventana con su propio menú principal.

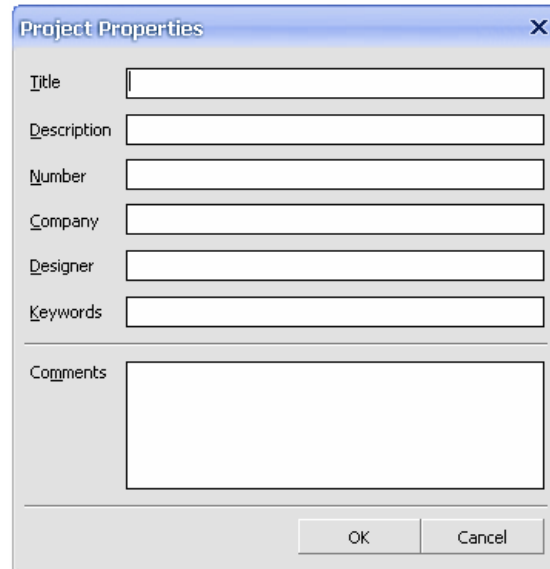
Figura 4.8 Ventana de previsualización de la impresión. [2]



Con algunos de los comandos de esta barra de menú podrá seleccionar los datos que quiera imprimir. Cada vez que seleccione un ítem, éste aparecerá en la página, de esta forma puede apreciar como se vería la impresión.

**4.1.4 Comando Project.** Este comando permite ingresar datos de cualquier proyecto. Al momento de seleccionar Project del menú File aparecerá un cuadro de dialogo en el que podrá ingresar datos del proyecto.

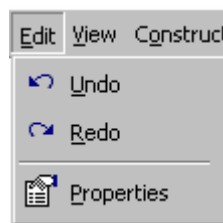
Figura 4.9 Formulario de propiedades del proyecto. [2]

The image shows a 'Project Properties' dialog box with a title bar and a close button (X). Inside, there are six single-line text input fields labeled 'Title', 'Description', 'Number', 'Company', 'Designer', and 'Keywords'. Below these is a larger multi-line text area labeled 'Comments'. At the bottom right, there are two buttons: 'OK' and 'Cancel'.

Es necesario mencionar que todos estos datos son opcionales, además se pueden ingresar en cualquier instante.

## 4.2 MENÚ EDIT

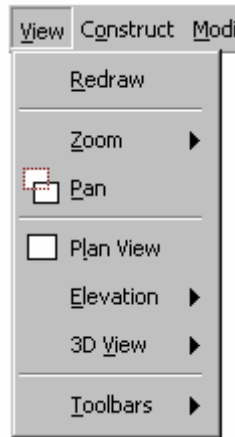
Figura 4.10 Menú Edit. [2]



**4.2.1 Comando Properties.** Por medio de este comando puede modificar las propiedades del proyecto actual. Una vez seleccionado este comando aparecerá un puntero, con el que debe seleccionar el objeto(s), haciendo click sobre él, luego haga click derecho y aparecerá una ventana en la que estarán las propiedades que puede modificar del objeto(s) seleccionado. Cuando haya realizado lo anterior haga click en OK.

### 4.3 MENÚ VIEW

Figura 4.11 Menú View. [2]

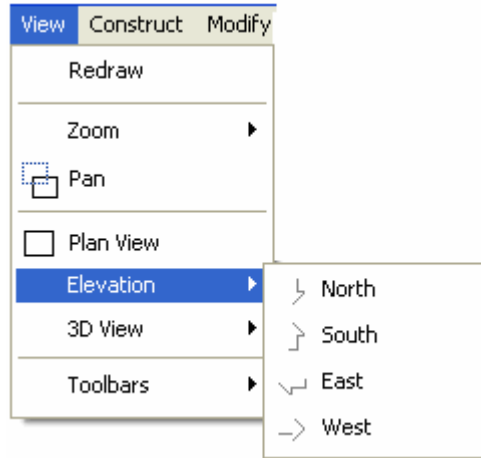


**4.3.1 Comando Redraw.** Este comando permite borrar puntos que aparecen en la ventana de diseño cada vez que se señala algún objeto con el cursor. Para hacer uso de este comando solo debe seleccionarlo, es así como el comando se ejecuta.

**4.3.2 Comando Pan.** Este comando permite trasladar cualquier objeto en la ventana de diseño. Una vez seleccionado el comando, ubique un punto de referencia haciendo click izquierdo sobre el objeto que desea mover, luego lleve la línea que aparece en la pantalla hasta el sitio donde quiere ubicar el objeto; cuando tenga el objeto en el lugar deseado, haga click izquierdo, y el objeto quedará ubicado.

**4.3.3 Comando Elevation.** Este comando permite trabajar en el proyecto actual desde cualquier vista. Cuando seleccione este comando inmediatamente se desplegará una ventana con opciones de vistas diferentes.

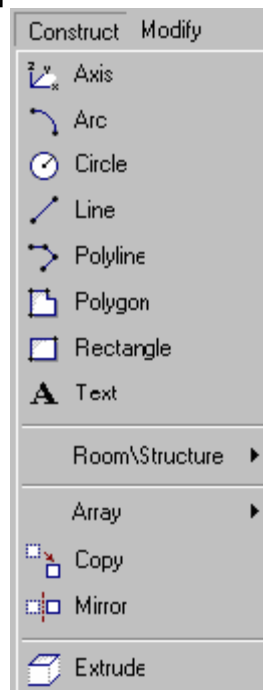
Figura 4.12 Menú Elevation. [2]



Podrá seleccionar la vista que quiera; una vez realizada la selección, el proyecto actual cambiará rápidamente a la vista seleccionada.

#### 4.4 MENÚ CONSTRUCT

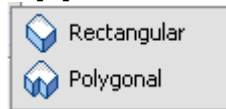
Figura 4.13 Menú Construct. [2]



Estos comandos se utilizan para ejecutar un nuevo proyecto. Con ellos se debe conformar la estructura física del sitio objeto del diseño de iluminación, con todas sus dimensiones.

**4.4.1 Comando Room\Structure.** Este comando brinda la facilidad de dibujar sólidos en 3D. Cuando seleccione este comando se desplegará el submenú:

Figura 4.14 Menú Room\Structure. [2]

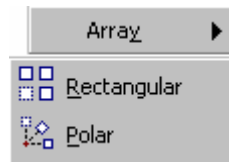


Cuando seleccione alguno de estos dos comandos inmediatamente aparecerá una barra de estado, donde se solicitan las dimensiones del rectángulo/polígono que se quiere dibujar. Primero se ingresan las coordenadas de la primera esquina del rectángulo, o el primer vértice del polígono. Luego se ingresan las coordenadas límite (segunda esquina) o los vértices del polígono.

También se puede hacer de una forma mucho más fácil: cuando haya seleccionado uno de estos dos comandos sólo debe llevar el puntero hasta el sitio donde quiere iniciar el rectángulo/polígono (primer(a) esquina/vértice), haga click izquierdo y puede empezar a dibujar.

**4.4.2 Comando Array.** Este comando permite hacer múltiples copias de cualquier objeto en la pantalla de diseño. Cuando se seleccione este comando se desplegará un submenú con dos opciones:

Figura 4.15 Menú Array. [2]

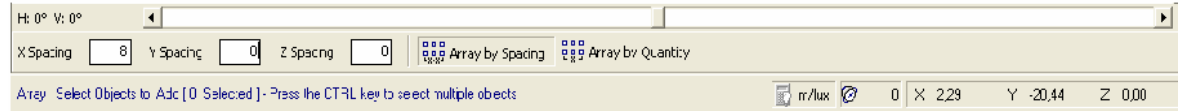


- **Comando Rectangular**

Este comando permite hacer múltiples copias del objeto seleccionado, pero este comando en particular permite hacer copias uniformemente espaciadas en cualquiera de las tres direcciones cardinales (X, Y, Z). Al momento de seleccionar este comando, en la barra de estado aparecerán dos formas en las que se pueden hacer las copias:



Figura 4.16 Menú Rectangular. [2]



- **Comando Array by spacing**

Cuando se accede a este comando, en la barra de estado se deben ingresar unos datos. Estos datos estarán indicando la separación entre cada objeto. Cuando haya ingresado estos datos debe hacer click derecho e inmediatamente en la barra de estado le estarán preguntando por un punto base, punto desde el cual necesita hacer las copias del objeto, de este punto puede ingresar las coordenadas si son conocidas o con el cursor puede seleccionar el punto a partir del cual necesita copiar el objeto, para finalizar el comando haga click izquierdo.

- **Comando Array by quantity**

Con este comando también se pueden hacer copias de cualquier objeto. A diferencia del comando anterior este comando permite hacer copias de cualquier objeto indicando el número de copias que se necesitan en cada dirección. Una vez seleccionado este comando en la barra de estado debe ingresar los datos solicitados: el número de copias del objeto que necesita en cada dirección, cuando haya ingresado los datos debe seleccionar el objeto en la pantalla de diseño.

- **Comando Polar**

Con este comando también se pueden hacer copias de cualquier objeto en la pantalla de diseño. Este comando se diferencia del anterior porque permite hacer copias de cualquier objeto ubicándolos en forma circular. Al momento de seleccionar este comando, en la barra de estado aparecerán dos formas en las que puede hacer las copias:

Figura 4.17 Menú Polar. [2]



- **Comando Angular separation**

Con este comando se puede copiar cualquier objeto en la pantalla de diseño con un ángulo de separación.

Cuando seleccione este comando en la barra de estado debe ingresar los datos solicitados. Estos datos le estarán indicando la separación entre objetos (Angle) y

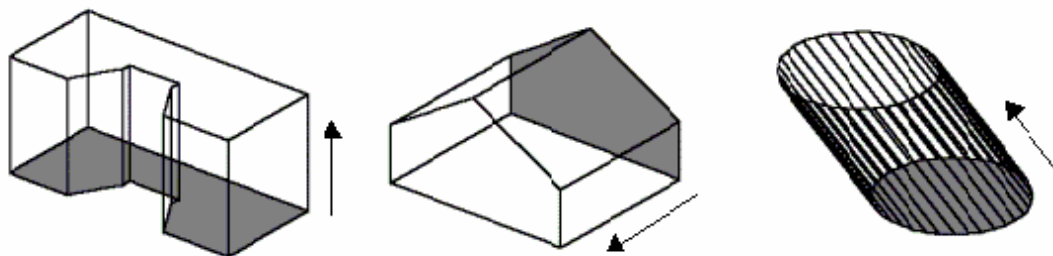
la cantidad de objetos que quiere copiar (Quantity). Sin importar el número de copias que se necesiten de determinado objeto, el objeto se ira rotando.

- **Comando Angular extent**

Este comando también permite hacer copias de cualquier objeto en la pantalla de diseño, a diferencia del anterior con este comando define el numero de copias que necesita de determinado objeto dentro de un ángulo definido. Cuando seleccione este comando en la barra de estado debe ingresar los datos solicitados, que como se acaba de mencionar corresponden a el ángulo que necesita cubrir (Angle) y el numero de copias que necesita para cubrir el ángulo definido (Quantity). Cuando haya ingresado esos datos solo debe seleccionar el objeto que quiere copiar, luego debe hacer click derecho y seleccionar o ingresar las coordenadas del punto base desde donde necesita empezar las copias.

#### 4.4.3 Comando Extrude

Figura 4.18 Tipos de extrusión. [2]



Este comando permite proyectar cualquier figura sobre la ventana de diseño. Cuando se haya seleccionado este comando en la barra de estado aparecerán dos formas en las que puede extruir un objeto:

Figura 4.19 Menú Extrude. [2]



- **Comando Default**

Este comando permite extruir objetos, la dirección de extrusión de este comando es perpendicular al plano sobre el cual este el objeto. Cuando acceda a este comando debe ingresar la distancia/altura de extrusión, debe seleccionar el objeto

haciendo click derecho sobre el, para finalizar el comando debe hacer click izquierdo.

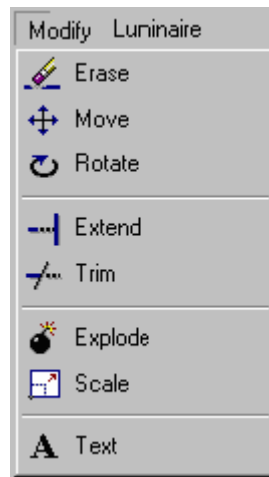
- **Comando Directional**

Este comando como el anterior le permite hacer extrusión de objetos, pero con este puede dar dirección a la extrusión.

Acá también debe ingresar la altura/distancia de extrusión y debe seleccionar el objeto, cuando ya haya definido la altura/distancia y el objeto a extruir debe hacer click izquierdo y en la barra de estado debe ingresar los datos que solicitan, estos datos corresponden a un punto base (base point) desde el cual quiere hacer la extrusión, cuando ingrese las coordenadas debe dar enter y ahora en la barra de estado le estarán preguntando por el punto de destino (destination point), una vez ingresadas las coordenadas debe dar enter, es así como finaliza el comando.

## 4.5 MENÚ MODIFY

Figura 4.20 Menú Modify. [2]



Estos comandos permiten modificar las propiedades constructivas del lugar objeto del diseño.

**4.5.1 Comando Erase.** Con este comando puede borrar objetos. Después de activar este comando seleccione el objeto(s) que quiere borrar ubicándose sobre él (ellos) haciendo click izquierdo sobre cada uno. Luego deberá hacer click derecho e inmediatamente se borrarán los elementos que seleccionó.

**4.5.2 Comando Move.** Con este comando puede mover cualquier objeto en la pantalla de diseño. Seleccione el objeto(s) que quiere mover ubicándose sobre el

objeto(s) haciendo click derecho sobre cada uno, después haga click derecho y aparecerá un cursor con el que podrá llevar el objeto(s) seleccionado(s) hasta su nueva ubicación.

**4.5.3 Comando Rotate.** Con este comando puede rotar cualquier objeto(s) en la pantalla de diseño. Una vez activado el comando debe seleccionar el objeto(s) haciendo click izquierdo sobre cada uno, después haga click derecho y aparecerá un cursor. Luego haga click izquierdo, puede empezar a mover el mouse y así podrá ver como va girando el objeto; lo puede dejar ubicado en la posición que desee haciendo click izquierdo.

**4.5.4 Comando Extend.** Este comando sólo aplica para líneas. Con él puede alargar una línea, buscando una intersección con algún objeto cercano. Cuando haya seleccionado este comando proceda de la siguiente forma:

Seleccione el punto hasta donde quiere llevar la línea haciendo click derecho sobre él, ahora debe seleccionar la línea que quiere alargar e inmediatamente la línea se alargará (la línea se alargará en línea recta).

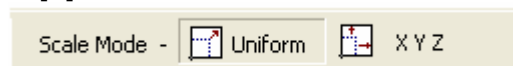
**4.5.5 Comando Trim.** Este comando sirve para recortar líneas, polígonos, círculos y rectángulos. Con este comando puede recortar esas figuras hasta los puntos de intersección con objetos cercanos. Cuando active este comando seleccione primero la intersección, o sea hasta donde quiere que sea recortado el objeto. Para concluir la selección haga click derecho. Ahora seleccione el objeto que debe o quiere recortar, haga click izquierdo sobre el objeto e inmediatamente será recortado.

**4.5.6 Comando Explode.** Este comando brinda la facilidad de trabajar como superficies individuales cada cara/lado de estructuras rectangulares o cuadradas que inicialmente fueron creadas como una sola. Una vez activado este comando, seleccione la estructura rectangular/cuadrada que quiere trabajar como superficies individuales haciendo click izquierdo sobre cada estructura, luego haga click derecho para finalizar el comando.

**4.5.7 Comando Scale.** Por medio de este comando puede escalar cualquier objeto que esté en la pantalla de diseño.

Al momento de seleccionar este comando en la barra de estado aparecerán dos formas en las que puede escalar determinado objeto.

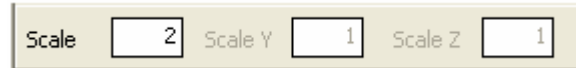
Figura 4.21 Menú Scale. [2]



- **Comando Uniform**

Este comando le permite escalar uniformemente en las tres direcciones cardinales, es por esto que al momento de seleccionarla sólo deberá ingresar un valor, el cual es la magnitud de cuanto quiere escalar el objeto en todas las direcciones cardinales.

Figura 4.22 Opción Uniform. [2]

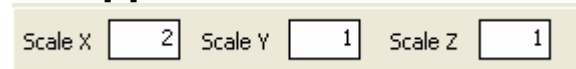


|       |   |         |   |         |   |
|-------|---|---------|---|---------|---|
| Scale | 2 | Scale Y | 1 | Scale Z | 1 |
|-------|---|---------|---|---------|---|

- **Comando XYZ**

Con este comando puede escalar el objeto que quiera y cuanto quiera en cada dirección cardinal.

Figura 4.23 Opciones XYZ. [2]

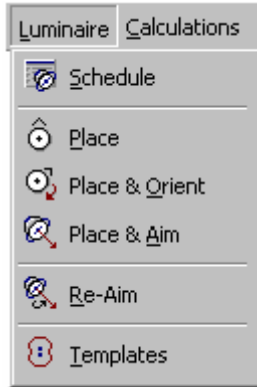


|         |   |         |   |         |   |
|---------|---|---------|---|---------|---|
| Scale X | 2 | Scale Y | 1 | Scale Z | 1 |
|---------|---|---------|---|---------|---|

Cuando seleccione este comando debe ingresar los datos que le piden en la barra de estado: Las magnitudes de cuanto quiere escalar el objeto en cada dirección. Sin importar cual haya sido su selección proceda de la siguiente forma:  
Seleccione el objeto haciendo click izquierdo sobre él, ingrese la o las magnitudes, luego haga click derecho, enseguida ingrese las coordenadas que le solicitan en la barra de estado, las que corresponden a un punto de referencia a partir del cual el objeto se escalará, o también puede seleccionar el punto desde el cual quiere escalar el objeto e inmediatamente el objeto se escalará.

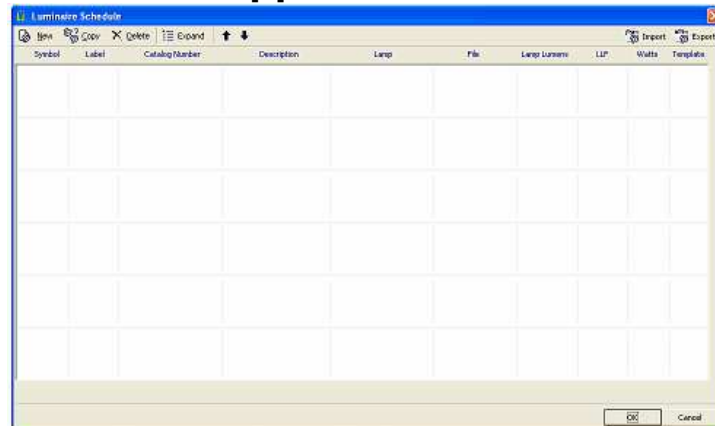
## 4.6 MENÚ LUMINAIRE

Figura 4.24 Menú Luminaire. [2]



**4.6.1 Comando Schedule.** Por medio de este comando puede elegir el o los tipos de lámparas que va a manejar en cada proyecto, debe tener en cuenta que puede manejar diferentes lámparas para un proyecto. Cuando seleccione este comando inmediatamente se abrirá una ventana con varias casillas (Luminaire Schedule), en las cuales aparecerán los datos característicos de las lámparas seleccionadas.

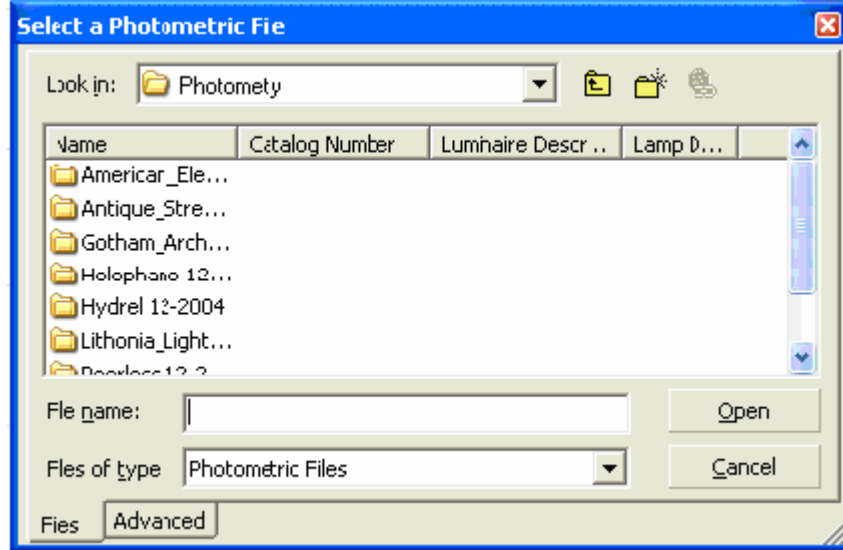
Figura 4.25 Luminaire Schedule. [2]



Es necesario mencionar que los datos de la séptima, octava y novena columna pueden ser modificados.

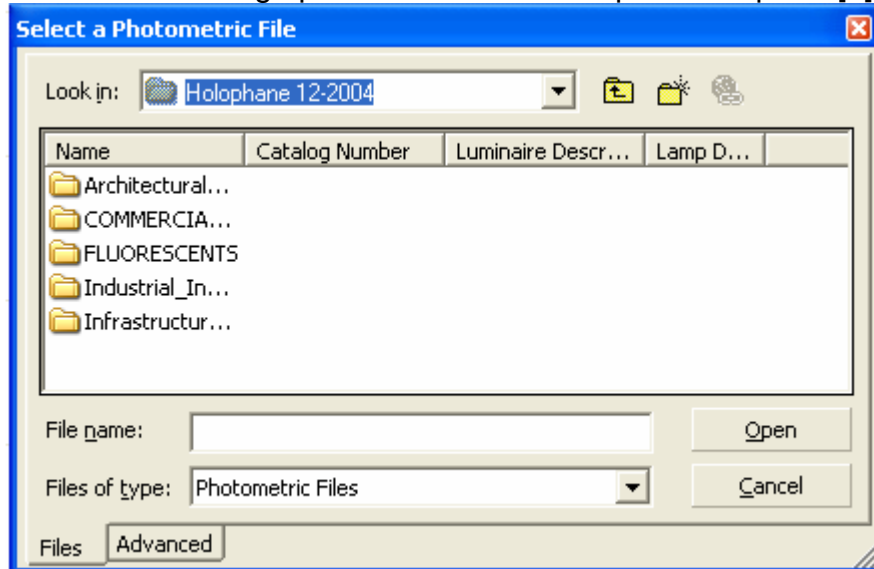
Para iniciar con la búsqueda de la(s) lámpara(s) con las cuales quiere trabajar, lo primero que se hace es seleccionar el comando New, se abrirá otra ventana donde debe seleccionar el fabricante de lámparas con el que quiere trabajar.

Figura 4.26 Cuadro de dialogo para la selección del fabricante. [2]



No importando la selección se abrirá otra ventana en donde aparecerán las diferentes clases de lámparas que distribuye determinado fabricante.

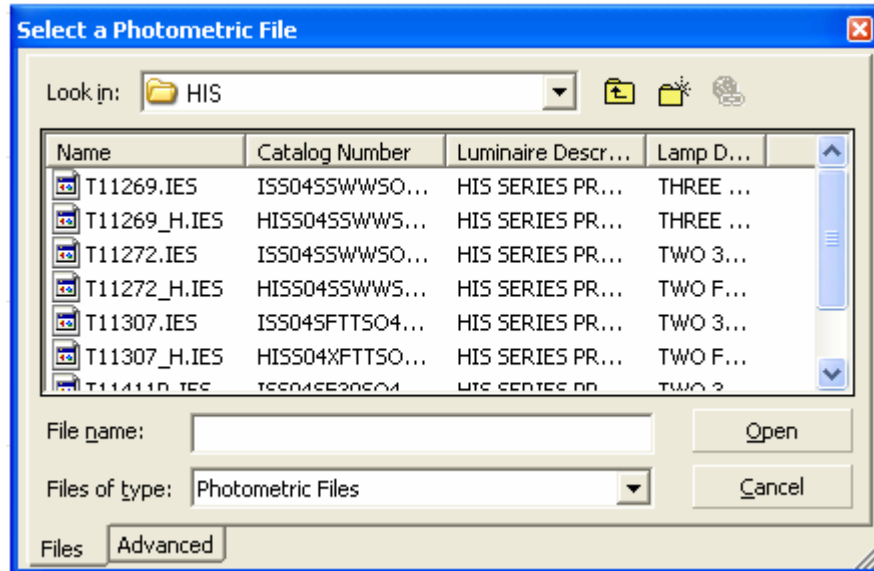
Figura 4.27 Cuadro de dialogo para la selección del tipo de lámpara. [2]



Ahora de nuevo seleccione una carpeta para continuar con la búsqueda.

Acá podrá ver la referencia que busca.

Figura 4.28 Cuadro de dialogo para la selección de lámparas. [2]



Cuando tenga la lámpara que busca haga doble click sobre su referencia y la lámpara seleccionada aparecerá en una de las filas del luminaire Schedule, en las casillas que conforman las filas estarán algunos datos característicos de cada lámpara.

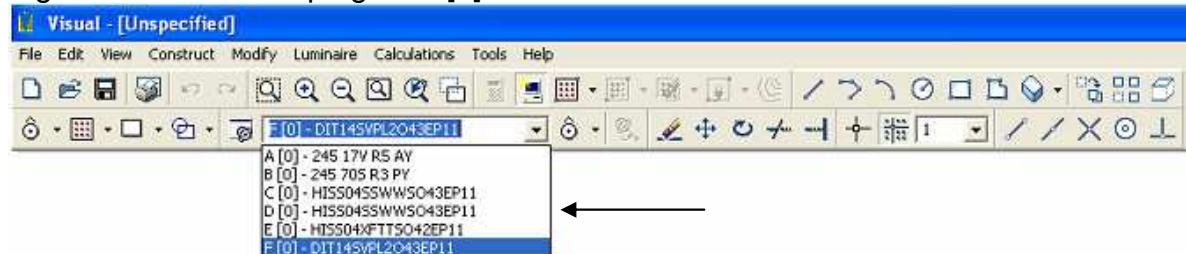
**4.6.2 Comando Place.** Por medio de este comando puede ubicar las lámparas en donde las necesite.

Se debe aclarar que es necesario tener por lo menos una lámpara seleccionada para hacer uso de este comando.

Proceda de la siguiente forma:

Una vez seleccionado este comando, escoja la lámpara que va a ubicar de la lista desplegable que se ha mencionado, esta casilla se encuentra ubicada en la barra de menú principal.

Figura 4.29 Lista desplegable. [2]



Cuando haya seleccionado la lámpara que quiere ubicar ingrese los datos que se piden en la barra de estado: altura de montaje, orientación (orientation) e inclinación (tilt). El programa tiene unos valores predeterminados para estos datos.



Figura 4.30 Opciones de montaje. [2]

H: 0° V: 0°

Mounting Height: 10 m

Photometric Web

Orientation: 0

Tilt: 0,00

Luminaire Coordinates (XYZ): X 311,00 Y 100,00 Z 0,00

m/lux

0

X 319,00 Y 109,00 Z 10,00

Estos valores sólo se deben ingresar si quiere modificar los predeterminados. Lo que si debe hacer es ingresar las coordenadas que piden, puesto que estas coordenadas corresponden al lugar de ubicación de las lámparas, cuando esté seguro de haber ingresado las coordenadas de ubicación de las lámparas de Enter e inmediatamente las lámparas serán ubicadas en el sitio donde se especificó.

Las lámparas las puede ubicar de otra forma más sencilla. Cuando haya seleccionado este comando solo debe seleccionar (haciendo doble click sobre su referencia) la lámpara de la lista desplegable mencionada, luego lleve el puntero hasta el sitio donde quiere ubicar la lámpara y haga click donde la quiere y allí quedará.

**4.6.3 Comando Place & Orient.** Este comando sirve para la ubicación de las lámparas, pero puede además orientar las lámparas. Ingrese las coordenadas para la ubicación de la lámpara y además ingrese un valor que piden (Orientation (grados)). Con este dato se orienta la luz de la lámpara.

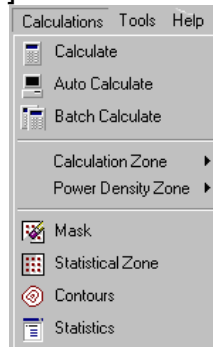
**4.6.4 Comando Place & Aim.** Con este comando se puede ubicar una lámpara y además dirigir su luz. Cuando haya seleccionado este comando solo debe seleccionar la lámpara que va a ubicar, luego lleve el cursor hasta el sitio donde la quiere ubicar y haga click derecho, la lámpara quedará ubicada allí; luego ingrese las coordenadas del sitio hacia el cual quiere dirigir la luz, accione Enter para ver hacia donde estará dirigida la luz.

**4.6.5 Comando Re-Aim.** Por medio de este comando puede redirigir una luminaria después de su ubicación inicial, este comando es muy útil al momento de estar revisando el proyecto. Una vez seleccionado este comando lo primero que debe hacer es seleccionar la luminaria que quiere redirigir, para esto debe ubicarse sobre ella y debe hacer click izquierdo. Ahora debe ingresar las coordenadas del sitio hacia donde quiere dirigir la luz en la barra de estado o simplemente arrastrar el cursor hasta el punto donde quiere que se dirija la luz.

**4.6.6 Comando Templates.** Con este comando podrá observar las curvas iso-lux de todas o cada una de las luminarias.

## 4.7 MENÚ CALCULATIONS

Figura 4.31 Menú Calculations. [2]



Estos comandos permiten calcular los niveles de iluminancia en diferentes puntos, con el fin de comprobar o verificar el diseño.

Estos comandos no se pueden utilizar según su ubicación. Primero se debe hacer uso de algunos comandos de esta misma lista para que otro(s) se active(n).

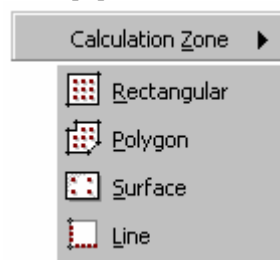
**4.7.1 Comando Auto Calculate.** Este comando es de gran ayuda al momento de hacer revisiones y/o ajustes, con él se pueden verificar los valores de iluminancia fácilmente.

Con este comando no es necesario definir una zona de cálculo. Cuando necesite hacer uso de este comando sólo debe seleccionarlo e inmediatamente los valores de iluminancia se recalculan.

**4.7.2 Comando Calculation zone.** De este listado de comandos es el primero que se debe utilizar. Con este comando puede definir la zona donde le interesa verificar los niveles de iluminancia.

Cuando se seleccione este comando un submenú se desplegará:

Figura 4.32 Menú Calculation Zone [2]



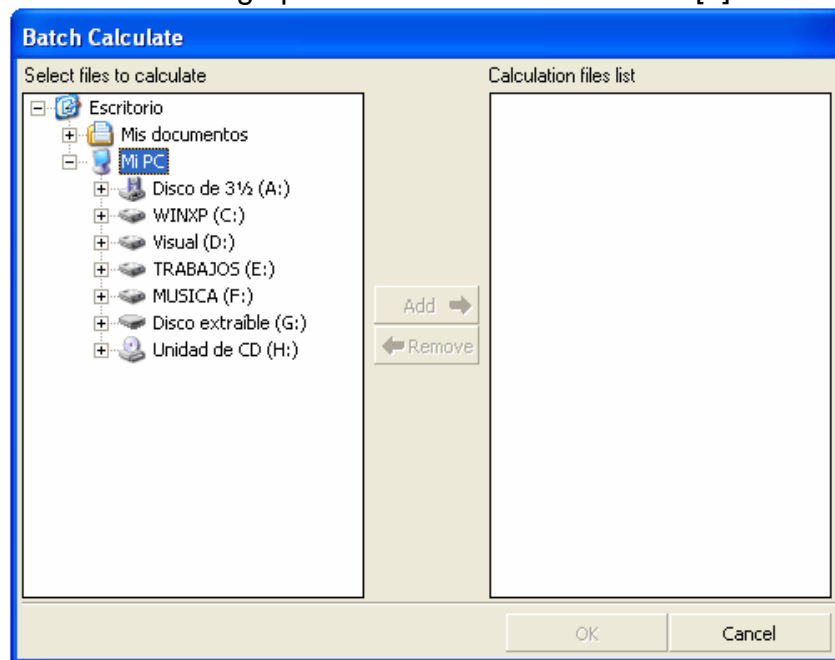
Aquí se debe seleccionar la forma de la zona de cálculo; una vez seleccionada aparecerá un cursor, con el cual debe encerrar la zona de interés. Esto también lo

puede hacer ingresando las coordenadas de la zona de interés en la barra de estado, en ésta también pueden modificar los valores predeterminados.

**4.7.3 Comando Calculate.** Con este comando puede verificar su diseño. Para hacer uso de este comando ya debe haber definido una zona en la cual necesita ver los valores de iluminancia. Luego sólo debe seleccionar este comando e inmediatamente el programa le mostrará valores de iluminancia en las zonas de cálculo definidas.

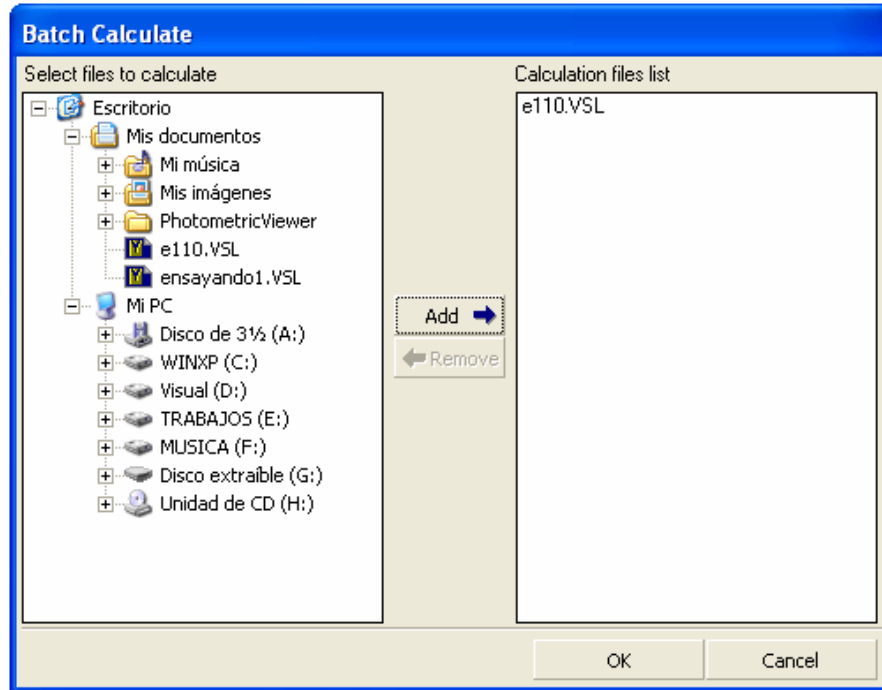
**4.7.4 Comando Batch Calculate.** Este comando permite abrir archivos de forma rápida. Al momento de seleccionar este comando una ventana se abrirá:

Figura 4.33 Cuadro de dialogo para la selección de archivo. [2]



En esta ventana debe buscar el archivo que quiere abrir; cuando lo tenga a la vista selecciónelo e inmediatamente se activará uno de los iconos que están en el centro de la ventana.

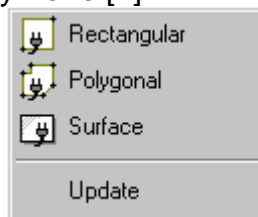
Figura 4.34 Cuadro de dialogo para la selección de archivo2. [2]



Haga click izquierdo sobre el icono, y el archivo que seleccionó pasará al lado derecho de esta ventana, haga click en OK y el archivo se abrirá.

**4.7.5 Comando Power Density Zone.** Por medio de este comando puede conocer la potencia que está siendo utilizada para iluminar cualquier espacio. Cuando seleccione este comando inmediatamente se desplegará un submenú:

Figura 4.35 Menú Power Density Zone [2]



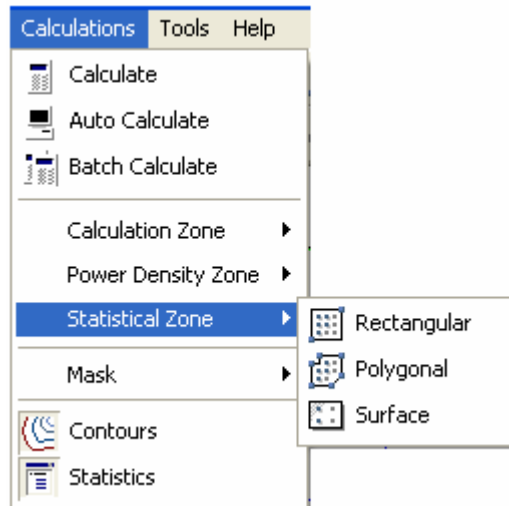
No importando la selección, aparecerá un cursor con el cual debe encerrar la zona de interés o también puede ingresar las coordenadas en la barra de estado, luego debe seleccionar las luminarias que contribuyen a la iluminación de la zona, una vez seleccionadas las luminarias debe finalizar el comando haciendo click derecho y en la ventana de estadísticas podrá ver los valores.

El último comando, Update sirve para estar actualizando los datos cada vez que se haga cualquier modificación.

**4.7.6 Comando Statistical Zone.** Por medio de este comando puede ver estadísticas de una zona en particular.

Al momento de seleccionar este comando un submenú se desplegará:

Figura 4.36 Menú Statistical Zone. [2]



Sin importar la selección, ahora seleccione la zona de cálculo haciendo click izquierdo sobre cualquiera de los puntos pertenecientes a esa zona, enseguida haga click derecho y encierre la zona en la cual quiere ubicar la zona de estadísticas. Esta zona debe incluir el punto seleccionado, de otra forma todos los valores serían cero. Los valores de la zona de estadísticas que definió podrá verlos en la ventana de estadísticas.

**4.7.7 Comando Mask.** Por medio de este comando se pueden remover puntos que no necesite de una zona de cálculo; esto se conoce como enmascaramiento. Esta situación se puede presentar en ocasiones en donde ya se ha definido una zona de cálculo pero se percata que hay puntos que están de más o sobran. Al momento de seleccionar este comando se desplegará el siguiente submenú:

Figura 4.37 Menú Mask. [2]



Seleccione la forma como desea borrar los puntos que sobran, tipo de enmascaramiento. En la barra de estado ahora le estarán preguntando por los puntos (asteriscos) que quiere remover, debe seleccionarlos ubicándose sobre

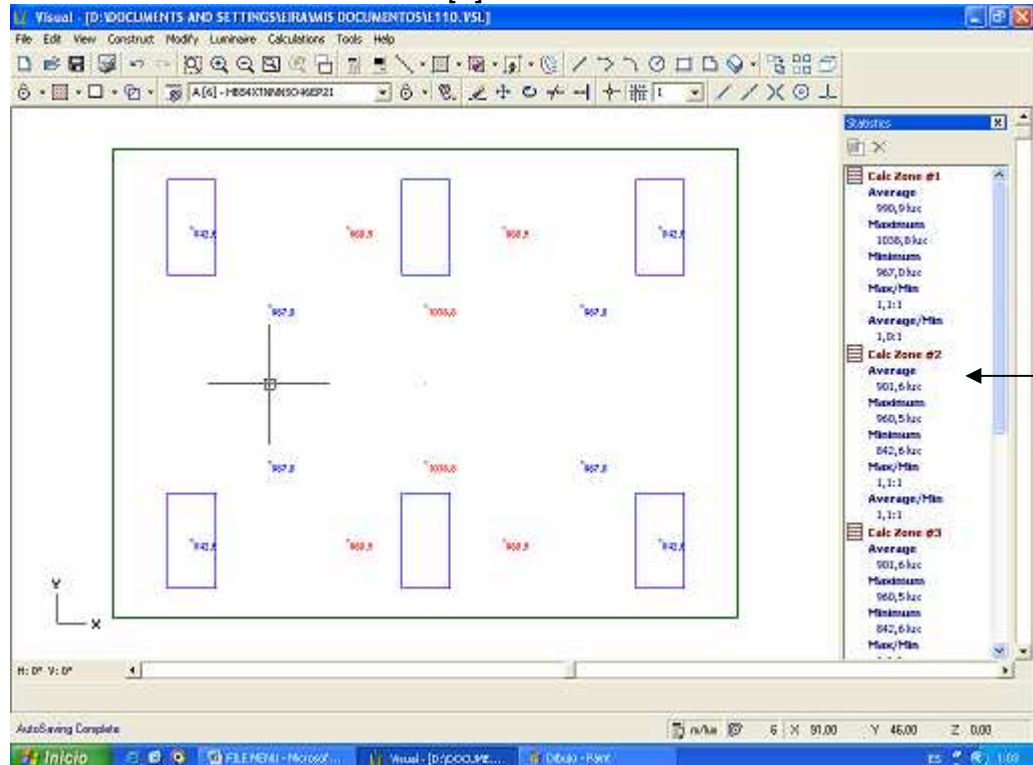
estos haciendo click izquierdo. Para hacer uso de este comando debe tener claro las diferentes zonas de cálculo que ha establecido pues cuando éste se encuentre activo lo primero que debe hacer es seleccionar la zona(s) de las cuales quiere remover ciertos puntos, solo con seleccionar un punto perteneciente a la zona de calculo. Proceda de la siguiente forma:

Ubíquese sobre alguno de los puntos pertenecientes a determinada zona, haga click izquierdo sobre el punto. Para seleccionar puntos de otra zona(s) presione la tecla Ctrl; para finalizar la selección haga click derecho, ahora debe seleccionar los puntos que quiere remover, esto se hace ingresando las coordenadas en la barra de estado o ubicándose en/sobre la ventana de diseño.

**4.7.8 Comando Contours.** Con este comando puede ver las curvas iso-lux. Si el comando está activo cada vez que usted ubique una luminaria y defina una zona de cálculo con sólo seleccionarlo podrá ver las curvas.

**4.7.9 Comando Statistics.** Por medio de este comando podrá tener a la vista datos importantes de cada proyecto. Para hacer uso de este comando debe tener presente el comentario que se hizo acerca de la activación de los comandos de este menú ya que este comando se activa después de haber utilizado otro de este menú. Cuando este comando esté activo y lo seleccione podrá ver un listado a la derecha del monitor.

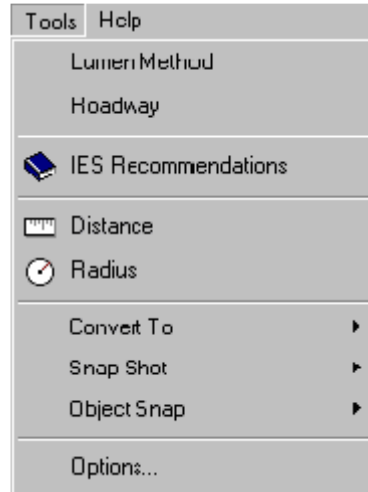
Figura 4.38 Listado de estadísticas. [2]



La cantidad de datos que haya aquí dependen de las zonas de cálculo, estadísticas y densidad que estableció.

## 4.8 MENÚ TOOLS

Figura 4.39 Menú Tools. [2]



La función de los dos primeros comandos es remitir a los otros programas del paquete VISUAL<sup>®</sup>.

**4.8.1 Comando Lumen Method.** Este comando nos remite al Visual Basic Edition.

**4.8.2 Comando Roadway.** Este comando nos remite al Visual Roadway Tool.

**4.8.3 Comando IES Recommendations.** Con este comando puede encontrar rápidamente niveles de iluminancia requeridos para diferentes tareas, estos niveles los recomienda la Illuminating Engineering Society of North America's (IESNA). (Sociedad norteamericana de iluminación).

Cuando haya seleccionado este comando inmediatamente se abrirá una ventana:



Figura 4.40 Ayuda para la búsqueda de niveles de iluminación. [2]

**Illuminance Selection**

**Horizontal Recommendation**

|             |    |
|-------------|----|
| Illuminance | NA |
| Importance  | NA |
| Category    | NA |

**Vertical Recommendation**

|             |    |
|-------------|----|
| Illuminance | NA |
| Importance  | NA |
| Category    | NA |

**Notes**

NA

Recommendations based on IESNA Lighting Handbook Ninth Edition

OK Cancel

- + I. Interior
- + II. Industrial
- + III. Outdoor
- + IV. Sports and Recreation
- + V. Transportation
- + VI. Emergency, Safety, and Security

En esta debe seleccionar el tipo de local, luego debe seleccionar el tipo de oficina, luego podrá ver los valores de iluminancia establecidos por la IESNA en la parte izquierda de esta ventana. Para cerrar esta ventana debe hacer click en OK.

**4.8.4 Comando Distance.** Con este comando puede medir la distancia entre dos puntos. Una vez haya seleccionado este comando, inmediatamente en la barra de estado le solicitan las coordenadas desde donde quiere tomar la medida, cuando las haya ingresado debe dar Enter, ahora le solicitan las coordenadas hasta donde quiere medir. La distancia aparecerá en la barra de estado.

Esto también lo puede hacer de otra forma. Cuando seleccione este comando aparecerá un cursor en la pantalla, con éste solo debe seleccionar el punto desde donde quiere medir haciendo click izquierdo sobre él, ahora debe llevar el cursor hasta el punto hasta donde quiere tomar la medida y hacer click izquierdo; puede ver la distancia en la barra de estado.

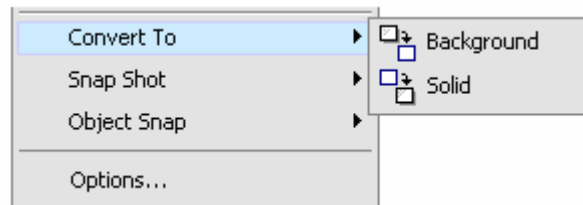
Cuando vaya a finalizar este comando debe hacer click derecho.

**4.8.5 Comando Radius.** Con este comando puede medir el radio de cualquier círculo. Cuando seleccione este comando, debe seleccionar el círculo, haciendo click izquierdo sobre el círculo del cual necesita conocer su radio. Cuando haya seleccionado el círculo inmediatamente aparecerá la medida (el radio) en la barra de estado.

**4.8.6 Comando Convert To.** Este comando le permite definir objetos de fondo y sólidos, teniendo presente que estos se distinguirán unos de otros por el estilo y color de línea, puesto que los objetos de fondo siempre van en una línea delgada azul, y los objetos sólidos van en una línea gruesa verdosa.

Cuando seleccione este comando inmediatamente se desplegará un submenú:

Figura 4.41 Menú Convert To. [2]



- **Comando Background**

Este comando le permite incluir elementos que sólo le servirán como referencia visual en un diseño, son elementos que pueden servirle para identificar lugares particulares. Es necesario aclarar que estos elementos de fondo no alteran el diseño que esté llevando a cabo. Los elementos de fondo únicamente consisten en líneas, rectángulos, polígonos, círculos, arcos y texto.

Cuando haya seleccionado este comando debe seleccionar el o los objetos a convertir, haciendo click izquierdo sobre cada uno; una vez terminada la selección solo debe hacer click derecho para finalizar el comando.

- **Comando Solid**

Este comando define elementos sólidos, estos elementos juegan un papel importante dentro del diseño. Cuando define cualquier objeto como sólido se solicitan ciertos datos importantes puesto que los objetos que está convirtiendo ya entran a ser parte del diseño. Al momento de seleccionar este comando debe seleccionar el o los objetos a convertir, ingrese los datos en la barra de estado y haga click derecho para finalizar el comando.

**4.8.7 Comando Snap Shot.** Por medio de este comando puede capturar cualquier objeto sobre la pantalla de diseño, esto con el fin de tener datos

disponibles del proyecto que se esté llevando a cabo para colocarlos en la(s) hoja(s) que vaya a imprimir.

Al momento de seleccionar este comando un submenú se desplegará:

Figura 4.42 Menú Snap Shot. [2]



De este submenú, inicialmente sólo habrá un comando activo (New), los otros se activaran después de hacer uso de éste.

- **Comando New**

Cuando haya seleccionado este comando debe proceder de la siguiente forma: en la barra de estado habrá una casilla de texto en la cual debe escribir el nombre que le quiera dar a esta imagen:

Figura 4.43 Opción New. [2]

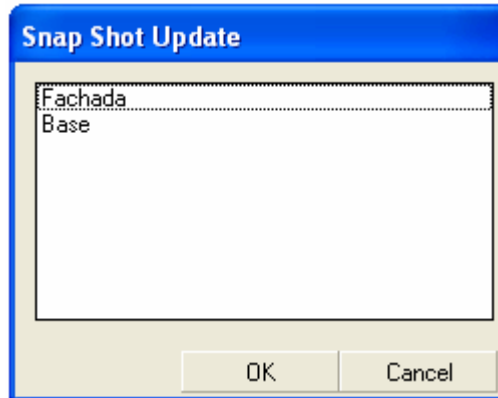


Cuando le haya dado el nombre a la imagen debe seleccionar el objeto al cual le asignó el nombre. Dependiendo del objeto, lo puede ir seleccionando haciendo click izquierdo sobre cada una de sus partes o simplemente puede encerrarlo. Inmediatamente puede verificar en el Print Editor.

- **Comando Update**

Este comando puede usarse si ha realizado alguna modificación en los objetos que inicialmente seleccionó. Cuando seleccione este comando inmediatamente aparecerá una ventana:

Figura 4.44 Opción de actualización. [2]

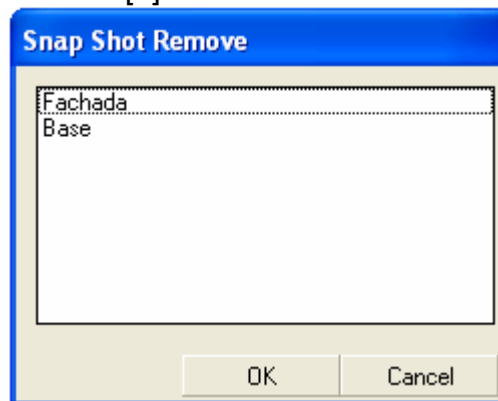


Aquí seleccione el nombre que le ha asignado al objeto que a modificado y para finalizar debe hacer click en OK.

- **Comando Delete**

Con este comando puede eliminar cualquier imagen que no necesite. Al momento de seleccionar este comando inmediatamente aparecerá una ventana:

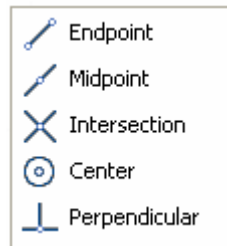
Figura 4.45 Opción de borrado. [2]



Aquí seleccione el nombre de la imagen que quiere eliminar y haga click en OK.

**4.8.8 Comando Object Snap.** Este comando facilita la construcción de lugares con estructuras complejas ó estructuras en las cuales debe ser muy preciso para obtener una estructura determinada. Al momento de seleccionar este comando inmediatamente se desplegará el siguiente submenú:

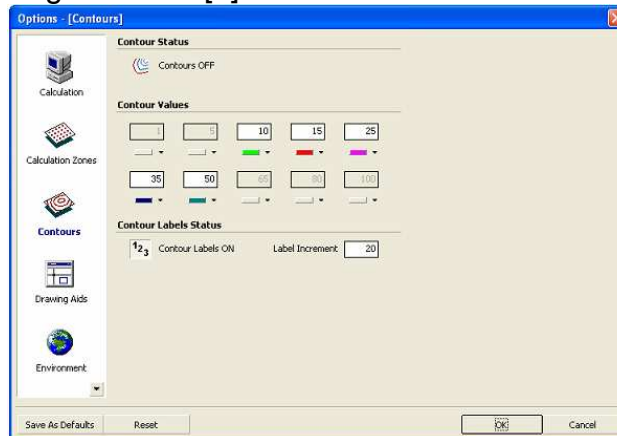
Figura 4.46 Menú Object Snap. [2]



El uso de estos comandos depende de la figura que se esté construyendo.

**4.8.9 Comando Options.** Por medio de este comando puede acceder a una ventana donde podrá modificar los parámetros (necesidades y/o preferencias) que afectan un proyecto. Haciendo esto se modificarán los valores predeterminados del programa. Al momento de seleccionar este comando se abrirá una ventana, en la que podrá ver al lado izquierdo iconos correspondientes a las diferentes categorías que puede modificar.

Figura 4.47 Opciones generales. [2]



A medida que vaya haciendo cambios debe hacer click en OK.

## **5. EJEMPLO DE APLICACIÓN**

Con el software Visual<sup>®</sup> se puede hacer el diseño de instalaciones lumínicas de espacios interiores regulares e irregulares y de zonas abiertas, es por esto que se tomó el caso del Coliseo deportivo del Instituto Técnico Superior ubicado cerca de la Universidad Tecnológica y de uno de los parqueaderos de esta universidad.

Para ser mas específicos en este capítulo se mostraran cuatro casos:

- Caso I:

Con el software se determinará el nivel de iluminación existente en el coliseo.

- Caso II:

En este caso las lámparas estarán a igual altura.

- Caso III:

Para este caso la ubicación de las lámparas será en círculos y en forma ascendente, con esto se busca conservar el contorno del coliseo.

- Caso IV:

En este caso se hará el diseño de la instalación lumínica del parqueadero del bloque E.

### **5.1 ESTRUCTURA FÍSICA EXISTENTE**

En las figuras 5.1 y 5.2 se mostrarán diferentes vistas con el fin de dar a conocer detalles importantes para el diseño de la instalación lumínica.

Figura 5.1 Coliseo ITS vista lateral.

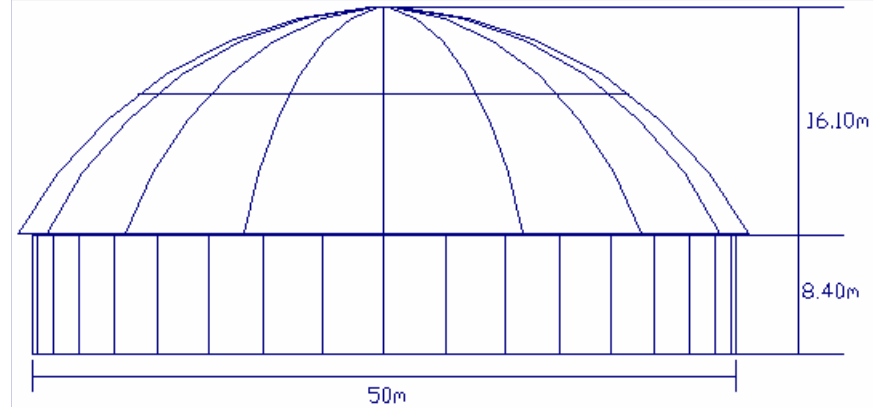


Figura 5.2 Coliseo ITS estructura interna.

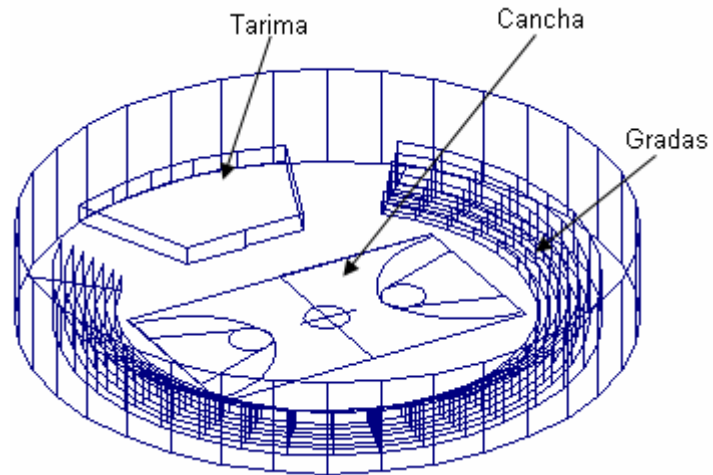
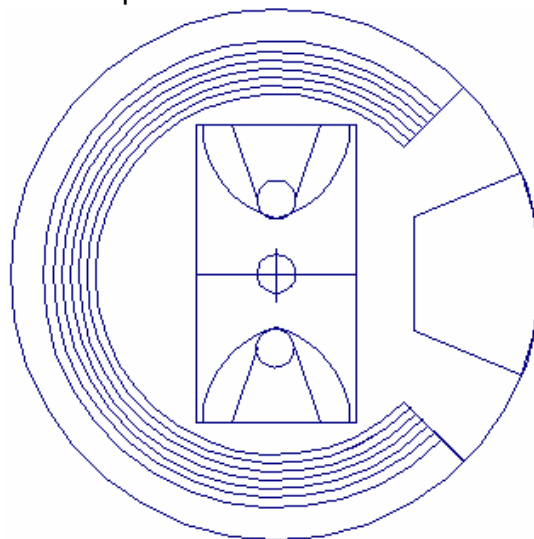


Figura 5.3 Coliseo ITS vista superior.



## **5.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN DESEADOS**

Para las tres zonas que se están mostrando en la figura 5.2 (cancha, gradas y tarima) se tomaron niveles de iluminación recomendados por normas internacionales:

Para la cancha se tomó una iluminancia de 200 lx [21]. Esta iluminancia es la recomendada para escenarios deportivos cubiertos, donde el deporte practicado es de nivel recreativo y donde el número de espectadores es pequeño.

Para las gradas y pasillo se tomó una iluminancia de 75 lx [17]. Esta iluminancia es la recomendada para zonas de paso.

Para la tarima se tomó una iluminancia de 100 lx [24]. Esta iluminancia es la recomendada para auditorios de colegios.

## **5.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO**

Se señalarán los pasos ha seguir para llevar a cabo un diseño, pasos que se describirán bien cuando esté en práctica alguno de los ejemplos de aplicación:

- 1) Se construye el sitio objeto de diseño.
- 2) Se definen valores de reflectancias de acuerdo a los materiales de construcción y al grado de limpieza existentes.
- 3) Se precisan zonas de cálculo.
- 4) Se selecciona el tipo (o los tipos) de lámparas y luminarias a instalar.
- 5) Se procede a hacer el montaje de las lámparas y luminarias seleccionadas.
- 6) Se “corre” el programa para obtener los resultados, que son los niveles de iluminación.

## **5.4 Caso I: Instalación existente**

- 1) Se construye el escenario deportivo (figuras 5.1, 5.2 y 5.3)
- 2) Se definen valores de reflectancias:
  - Valor reflectancia gradería: 40%



- Valor reflectancia tarima: 40%
- Valor reflectancia cancha: 40%
- Valor reflectancia muro: 35%

3) Se precisan zonas de calculo:

Figura 5.4 Sitios en los que se definieron zonas de cálculo.

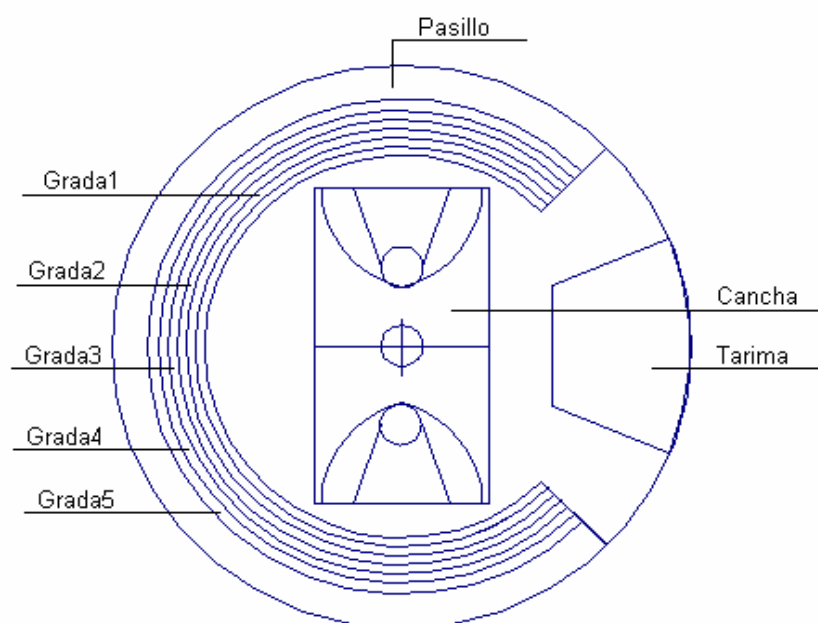
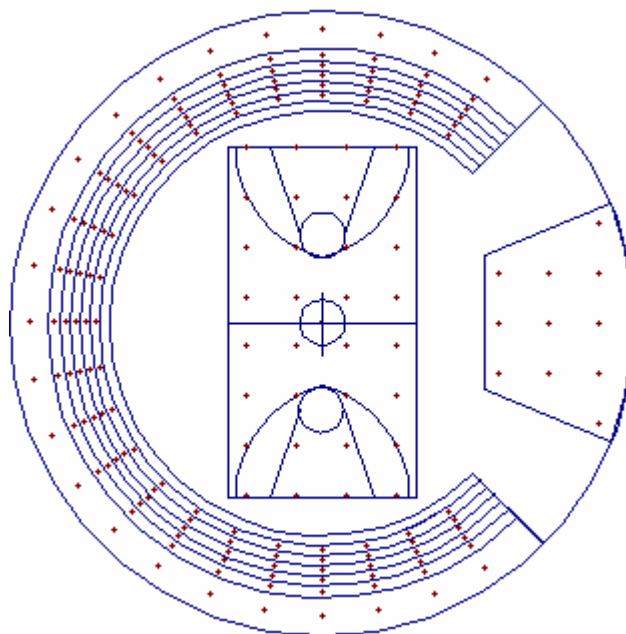


Figura 5.5 Zonas de cálculo.



Con la realización de estos pasos ya se puede contar con el escenario deportivo para cualquiera de los ejemplos de aplicación, será sólo importarlo a un diseño nuevo y buscar el conjunto lámpara/luminaria a instalar.

4) Se buscan las lámparas y luminarias.

A noviembre de 2007 el coliseo tenía instaladas 18 lámparas de descarga ubicadas a una altura de 8.40 m sobre el nivel del campo deportivo, además cuenta con dos proyectores dirigidos a la tarima, la altura de montaje de los proyectores es de 12 m sobre el nivel del campo deportivo.

Para este caso se hizo la investigación de los datos característicos tales como flujo luminoso ( $\Phi$ ) y potencia nominal (W) de las lámparas que allí utilizan.

Tabla 5.1 Datos característicos de la lámpara utilizada.

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| OSRAM HSR® 400/60    |              |
| Lámpara de           | Metal Halide |
| Flujo luminoso (lm)  | 33,000       |
| Potencia nominal (W) | 400          |

Para la selección de las luminarias se debe tener en cuenta lo que se acaba de mencionar, la instalación existente cuenta con lámparas de descarga y proyectores.

Se escogen entonces aquellas del programa que tengan mayor similitud con las existentes y esas serán las luminarias base:

- Las luminarias existentes se asimilan a: Hemisphere. (Figura 5.6)
- Los proyectores existentes se asimilan a: Indirect. (Figura 5.7)

Figura 5.6 Luminaria de descarga (Hemisphere).

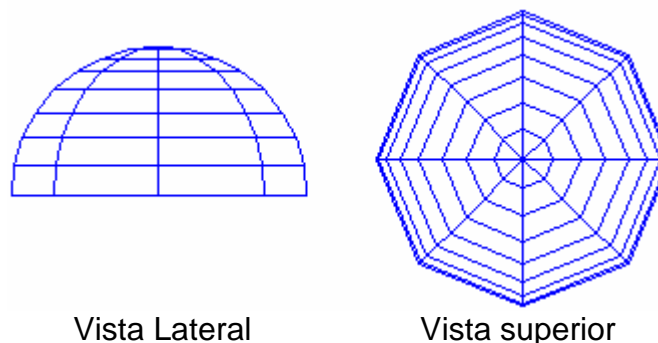
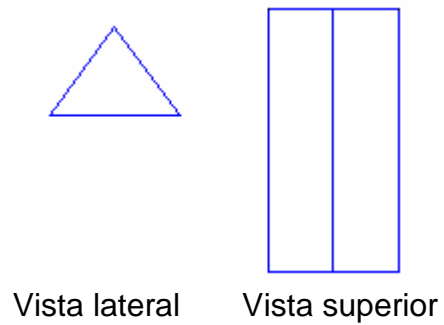


Figura 5.7 Proyector (Indirect).



Ya teniendo las luminarias seleccionadas se debe continuar con la búsqueda de la lámpara, para esto se aplican criterios de diseño. Una vez se tiene el conjunto lámpara/luminaria seleccionado se prosigue con el ingreso/modificación de datos de la lámpara en el Luminaire Schedule.

5) Se procede a hacer el montaje de las lámparas

Figura 5.8 Distribución de lámparas existentes, vista superior.

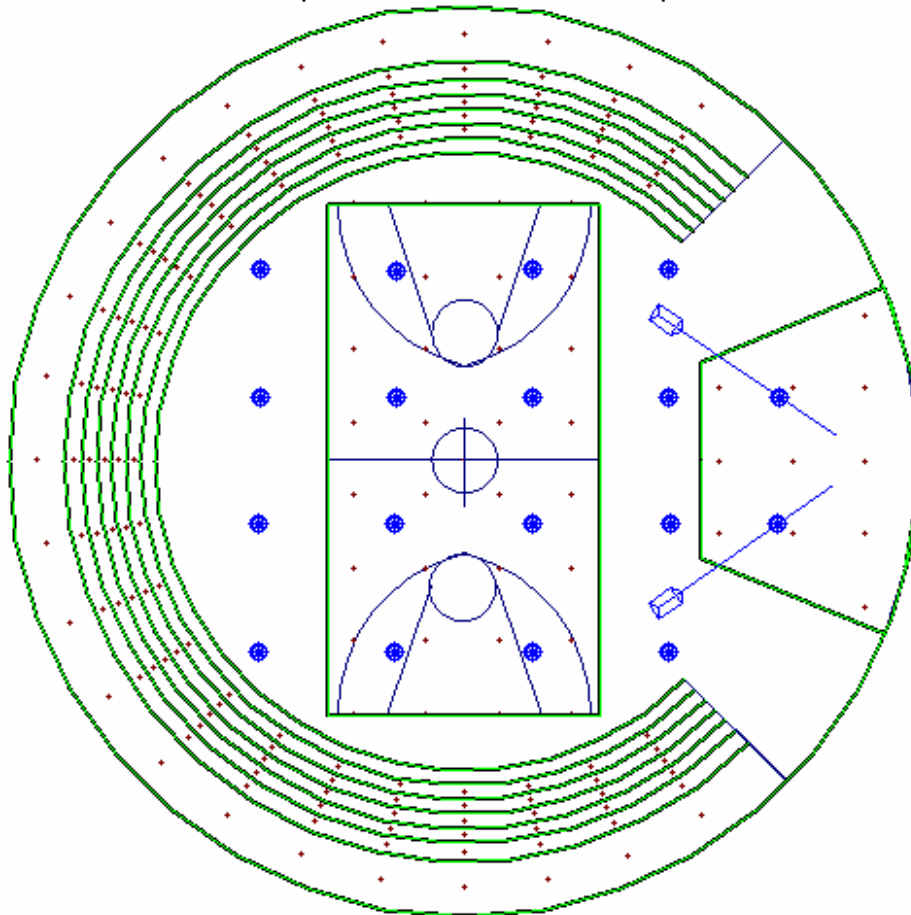
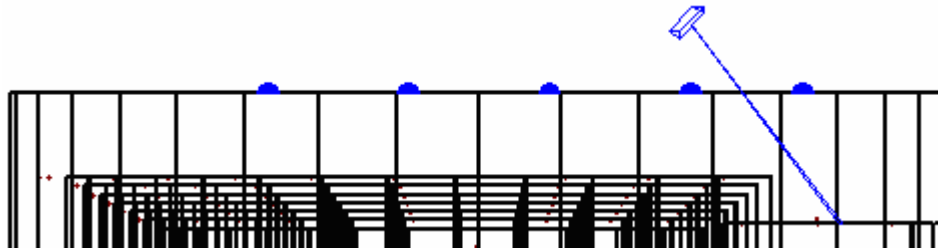
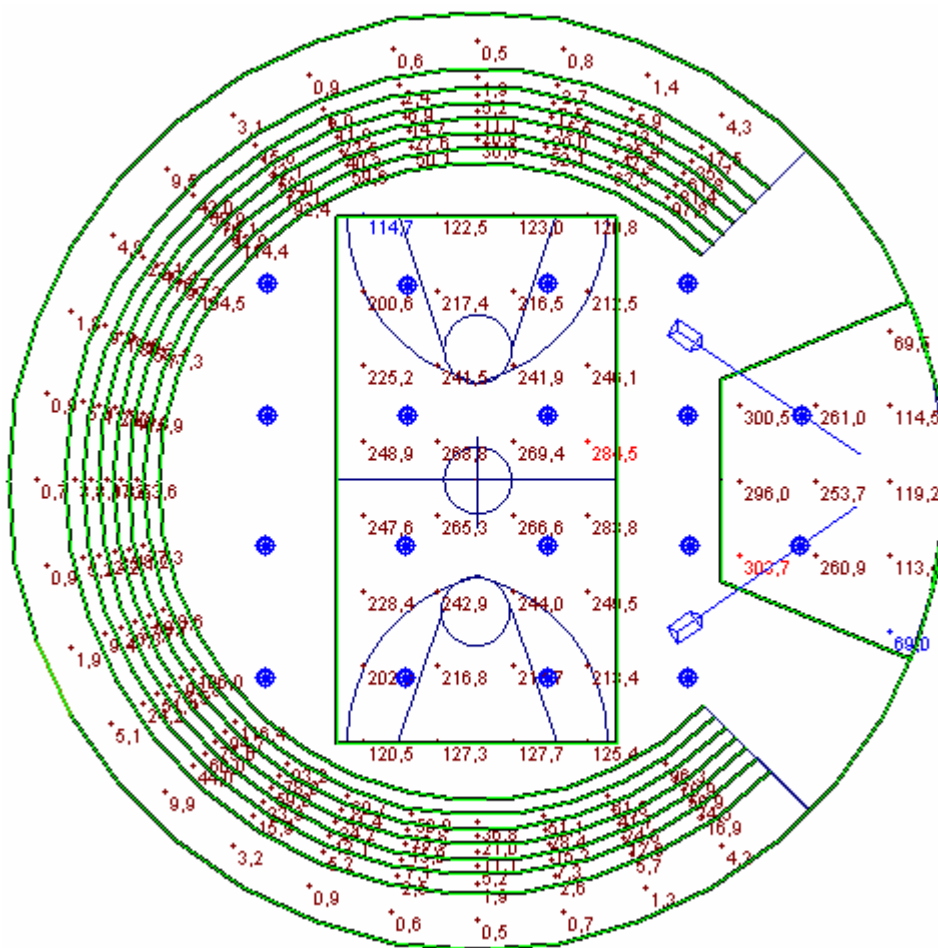


Figura 5.9 Ubicación de lámparas existentes, vista lateral.



6) Se “corre” el programa.

Figura 5.10 Resultados obtenidos Caso I.



Para ver bien los resultados obtenidos se adjunta un listado de niveles de iluminación, que lo entrega el software.

Tabla 5.2 Resultados obtenidos Caso I.

| Description  | Avg       | Max       | Min       |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Cancha       | 210,4 lux | 284,5 lux | 114,7 lux |
| Grada1(Copy) | 106,0 lux | 106,0 lux | 106,0 lux |
| Grada1(Copy) | 78,6 lux  | 78,6 lux  | 78,6 lux  |
| Grada1(Copy) | 116,4 lux | 116,4 lux | 116,4 lux |
| Grada1(Copy) | 93,2 lux  | 93,2 lux  | 93,2 lux  |
| Grada1(Copy) | 60,7 lux  | 60,7 lux  | 60,7 lux  |
| Grada1(Copy) | 36,8 lux  | 36,8 lux  | 36,8 lux  |
| Grada1(Copy) | 51,1 lux  | 51,1 lux  | 51,1 lux  |
| Grada1(Copy) | 61,3 lux  | 61,3 lux  | 61,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 97,8 lux  | 97,8 lux  | 97,8 lux  |
| Grada1(Copy) | 62,5 lux  | 62,5 lux  | 62,5 lux  |
| Grada1(Copy) | 52,1 lux  | 52,1 lux  | 52,1 lux  |
| Grada1(Copy) | 50,1 lux  | 50,1 lux  | 50,1 lux  |
| Grada1(Copy) | 59,6 lux  | 59,6 lux  | 59,6 lux  |
| Grada1(Copy) | 92,4 lux  | 92,4 lux  | 92,4 lux  |
| Grada1(Copy) | 104,5 lux | 104,5 lux | 104,5 lux |
| Grada1(Copy) | 77,3 lux  | 77,3 lux  | 77,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 75,9 lux  | 75,9 lux  | 75,9 lux  |
| Grada1(Copy) | 114,4 lux | 114,4 lux | 114,4 lux |
| Grada1(Copy) | 36,6 lux  | 36,6 lux  | 36,6 lux  |
| Grada1(Copy) | 96,3 lux  | 96,3 lux  | 96,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 50,9 lux  | 50,9 lux  | 50,9 lux  |
| Grada1(Copy) | 77,3 lux  | 77,3 lux  | 77,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 93,8 lux  | 93,8 lux  | 93,8 lux  |
| Grada2(Copy) | 94,7 lux  | 94,7 lux  | 94,7 lux  |
| Grada2(Copy) | 59,7 lux  | 59,7 lux  | 59,7 lux  |
| Grada2(Copy) | 78,0 lux  | 78,0 lux  | 78,0 lux  |
| Grada2(Copy) | 28,3 lux  | 28,3 lux  | 28,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 28,4 lux  | 28,4 lux  | 28,4 lux  |
| Grada2(Copy) | 79,9 lux  | 79,9 lux  | 79,9 lux  |
| Grada2(Copy) | 42,9 lux  | 42,9 lux  | 42,9 lux  |
| Grada2(Copy) | 20,9 lux  | 20,9 lux  | 20,9 lux  |
| Grada2(Copy) | 40,3 lux  | 40,3 lux  | 40,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 92,9 lux  | 92,9 lux  | 92,9 lux  |
| Grada2(Copy) | 58,1 lux  | 58,1 lux  | 58,1 lux  |
| Grada2(Copy) | 46,8 lux  | 46,8 lux  | 46,8 lux  |
| Grada2(Copy) | 92,3 lux  | 92,3 lux  | 92,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 77,1 lux  | 77,1 lux  | 77,1 lux  |
| Grada2(Copy) | 27,6 lux  | 27,6 lux  | 27,6 lux  |
| Grada2(Copy) | 29,0 lux  | 29,0 lux  | 29,0 lux  |
| Grada2(Copy) | 81,4 lux  | 81,4 lux  | 81,4 lux  |
| Grada2(Copy) | 41,7 lux  | 41,7 lux  | 41,7 lux  |
| Grada2(Copy) | 21,0 lux  | 21,0 lux  | 21,0 lux  |

Continuación Tabla 5.2

|              |          |          |          |
|--------------|----------|----------|----------|
| Grada2(Copy) | 41,4 lux | 41,4 lux | 41,4 lux |
| Grada2(Copy) | 48,2 lux | 48,2 lux | 48,2 lux |
| Grada3(Copy) | 61,8 lux | 61,8 lux | 61,8 lux |
| Grada3(Copy) | 59,9 lux | 59,9 lux | 59,9 lux |
| Grada3(Copy) | 24,6 lux | 24,6 lux | 24,6 lux |
| Grada3(Copy) | 15,2 lux | 15,2 lux | 15,2 lux |
| Grada3(Copy) | 11,1 lux | 11,1 lux | 11,1 lux |
| Grada3(Copy) | 15,0 lux | 15,0 lux | 15,0 lux |
| Grada3(Copy) | 24,2 lux | 24,2 lux | 24,2 lux |
| Grada3(Copy) | 59,0 lux | 59,0 lux | 59,0 lux |
| Grada3(Copy) | 75,6 lux | 75,6 lux | 75,6 lux |
| Grada3(Copy) | 78,5 lux | 78,5 lux | 78,5 lux |
| Grada3(Copy) | 37,7 lux | 37,7 lux | 37,7 lux |
| Grada3(Copy) | 25,1 lux | 25,1 lux | 25,1 lux |
| Grada3(Copy) | 23,5 lux | 23,5 lux | 23,5 lux |
| Grada3(Copy) | 14,7 lux | 14,7 lux | 14,7 lux |
| Grada3(Copy) | 11,1 lux | 11,1 lux | 11,1 lux |
| Grada3(Copy) | 15,5 lux | 15,5 lux | 15,5 lux |
| Grada3(Copy) | 25,4 lux | 25,4 lux | 25,4 lux |
| Grada3(Copy) | 36,2 lux | 36,2 lux | 36,2 lux |
| Grada3(Copy) | 76,7 lux | 76,7 lux | 76,7 lux |
| Grada3(Copy) | 74,1 lux | 74,1 lux | 74,1 lux |
| Grada3(Copy) | 58,0 lux | 58,0 lux | 58,0 lux |
| Grada3(Copy) | 24,3 lux | 24,3 lux | 24,3 lux |
| Grada4(Copy) | 51,4 lux | 51,4 lux | 51,4 lux |
| Grada4(Copy) | 20,3 lux | 20,3 lux | 20,3 lux |
| Grada4(Copy) | 60,0 lux | 60,0 lux | 60,0 lux |
| Grada4(Copy) | 5,2 lux  | 5,2 lux  | 5,2 lux  |
| Grada4(Copy) | 35,7 lux | 35,7 lux | 35,7 lux |
| Grada4(Copy) | 6,9 lux  | 6,9 lux  | 6,9 lux  |
| Grada4(Copy) | 49,4 lux | 49,4 lux | 49,4 lux |
| Grada4(Copy) | 11,8 lux | 11,8 lux | 11,8 lux |
| Grada4(Copy) | 19,6 lux | 19,6 lux | 19,6 lux |
| Grada4(Copy) | 58,9 lux | 58,9 lux | 58,9 lux |
| Grada4(Copy) | 33,1 lux | 33,1 lux | 33,1 lux |
| Grada4(Copy) | 11,8 lux | 11,8 lux | 11,8 lux |
| Grada4(Copy) | 5,2 lux  | 5,2 lux  | 5,2 lux  |
| Grada4(Copy) | 7,5 lux  | 7,5 lux  | 7,5 lux  |
| Grada4(Copy) | 13,1 lux | 13,1 lux | 13,1 lux |
| Grada4(Copy) | 34,5 lux | 34,5 lux | 34,5 lux |
| Grada4(Copy) | 12,6 lux | 12,6 lux | 12,6 lux |
| Grada4(Copy) | 7,3 lux  | 7,3 lux  | 7,3 lux  |
| Grada4(Copy) | 7,1 lux  | 7,1 lux  | 7,1 lux  |
| Grada4(Copy) | 12,1 lux | 12,1 lux | 12,1 lux |
| Grada4(Copy) | 33,9 lux | 33,9 lux | 33,9 lux |

Continuación Tabla 5.2

|               |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|
| Grada4(Copy)  | 12,2 lux | 12,2 lux | 12,2 lux |
| Grada5(Copy)  | 5,9 lux  | 5,9 lux  | 5,9 lux  |
| Grada5(Copy)  | 17,5 lux | 17,5 lux | 17,5 lux |
| Grada5(Copy)  | 16,9 lux | 16,9 lux | 16,9 lux |
| Grada5(Copy)  | 2,6 lux  | 2,6 lux  | 2,6 lux  |
| Grada5(Copy)  | 1,9 lux  | 1,9 lux  | 1,9 lux  |
| Grada5(Copy)  | 2,5 lux  | 2,5 lux  | 2,5 lux  |
| Grada5(Copy)  | 15,9 lux | 15,9 lux | 15,9 lux |
| Grada5(Copy)  | 44,0 lux | 44,0 lux | 44,0 lux |
| Grada5(Copy)  | 24,2 lux | 24,2 lux | 24,2 lux |
| Grada5(Copy)  | 5,2 lux  | 5,2 lux  | 5,2 lux  |
| Grada5(Copy)  | 9,4 lux  | 9,4 lux  | 9,4 lux  |
| Grada5(Copy)  | 5,2 lux  | 5,2 lux  | 5,2 lux  |
| Grada5(Copy)  | 5,7 lux  | 5,7 lux  | 5,7 lux  |
| Grada5(Copy)  | 2,7 lux  | 2,7 lux  | 2,7 lux  |
| Grada5(Copy)  | 23,1 lux | 23,1 lux | 23,1 lux |
| Grada5(Copy)  | 43,0 lux | 43,0 lux | 43,0 lux |
| Grada5(Copy)  | 5,0 lux  | 5,0 lux  | 5,0 lux  |
| Grada5(Copy)  | 2,4 lux  | 2,4 lux  | 2,4 lux  |
| Grada5(Copy)  | 1,9 lux  | 1,9 lux  | 1,9 lux  |
| Grada5(Copy)  | 15,6 lux | 15,6 lux | 15,6 lux |
| Grada5(Copy)  | 9,0 lux  | 9,0 lux  | 9,0 lux  |
| Grada5(Copy)  | 5,0 lux  | 5,0 lux  | 5,0 lux  |
| Grada1        | 53,6 lux | 53,6 lux | 53,6 lux |
| Grada2        | 32,3 lux | 32,3 lux | 32,3 lux |
| Grada3        | 17,4 lux | 17,4 lux | 17,4 lux |
| Grada4        | 8,9 lux  | 8,9 lux  | 8,9 lux  |
| Grada5        | 3,8 lux  | 3,8 lux  | 3,8 lux  |
| Pasillo       | 0,7 lux  | 0,7 lux  | 0,7 lux  |
| Pasillo(Copy) | 3,2 lux  | 3,2 lux  | 3,2 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,7 lux  | 0,7 lux  | 0,7 lux  |
| Pasillo(Copy) | 1,4 lux  | 1,4 lux  | 1,4 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,9 lux  | 0,9 lux  | 0,9 lux  |
| Pasillo(Copy) | 1,8 lux  | 1,8 lux  | 1,8 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,9 lux  | 0,9 lux  | 0,9 lux  |
| Pasillo(Copy) | 4,9 lux  | 4,9 lux  | 4,9 lux  |
| Pasillo(Copy) | 9,5 lux  | 9,5 lux  | 9,5 lux  |
| Pasillo(Copy) | 3,1 lux  | 3,1 lux  | 3,1 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,6 lux  | 0,6 lux  | 0,6 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,5 lux  | 0,5 lux  | 0,5 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,8 lux  | 0,8 lux  | 0,8 lux  |
| Pasillo(Copy) | 4,3 lux  | 4,3 lux  | 4,3 lux  |
| Pasillo(Copy) | 4,2 lux  | 4,2 lux  | 4,2 lux  |
| Pasillo(Copy) | 1,3 lux  | 1,3 lux  | 1,3 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,5 lux  | 0,5 lux  | 0,5 lux  |

Continuación Tabla 5.2

|               |           |           |          |
|---------------|-----------|-----------|----------|
| Pasillo(Copy) | 0,6 lux   | 0,6 lux   | 0,6 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,9 lux   | 0,9 lux   | 0,9 lux  |
| Pasillo(Copy) | 9,9 lux   | 9,9 lux   | 9,9 lux  |
| Pasillo(Copy) | 5,1 lux   | 5,1 lux   | 5,1 lux  |
| Pasillo(Copy) | 1,9 lux   | 1,9 lux   | 1,9 lux  |
| Pasillo(Copy) | 0,9 lux   | 0,9 lux   | 0,9 lux  |
| Tarima        | 196,5 lux | 303,7 lux | 69,0 lux |

De los resultados obtenidos se puede concluir que:

- El nivel de iluminación existente en el campo deportivo es el reglamentado para escenarios deportivos cubiertos donde el número de espectadores es pequeño y donde el deporte practicado es de nivel recreativo. Sin embargo se advierte deficiencia en las zonas adyacentes a los tableros (para basketball) o porterías (para microfútbol).
- La iluminación existente en la gradería (gradas 2 a 5) y en el pasillo es deficiente y no cumple los niveles recomendados.
- En la tarima se cumple el nivel de iluminación recomendado.

### 5.5 Caso II: Diseño nuevo, lámparas a igual altura

Para este ejemplo se van a manejar diferentes tipos de lámparas, el tipo de fuente de luz se seleccionó de acuerdo a la altura de montaje. Los datos característicos de las lámparas que se utilizan son datos de lámparas de mercurio.

Estas lámparas se utilizarán básicamente para iluminar el pasillo, las gradas, la tarima y el campo deportivo.

Tabla 5.3 Datos característicos de las lámparas empleadas en el caso II.

| Lámparas de Mercurio |     |                         |
|----------------------|-----|-------------------------|
| Lm                   | W   |                         |
| 33000                | 400 | Cancha                  |
| 20500                | 250 | Tarima                  |
| 8500                 | 100 | Adyacentes a la cancha  |
| 5800                 | 100 | Gradería                |
| 3500                 | 39  | Pasillo (Fluorescentes) |



Figura 5.11 Distribución de lámparas Caso II, vista superior.

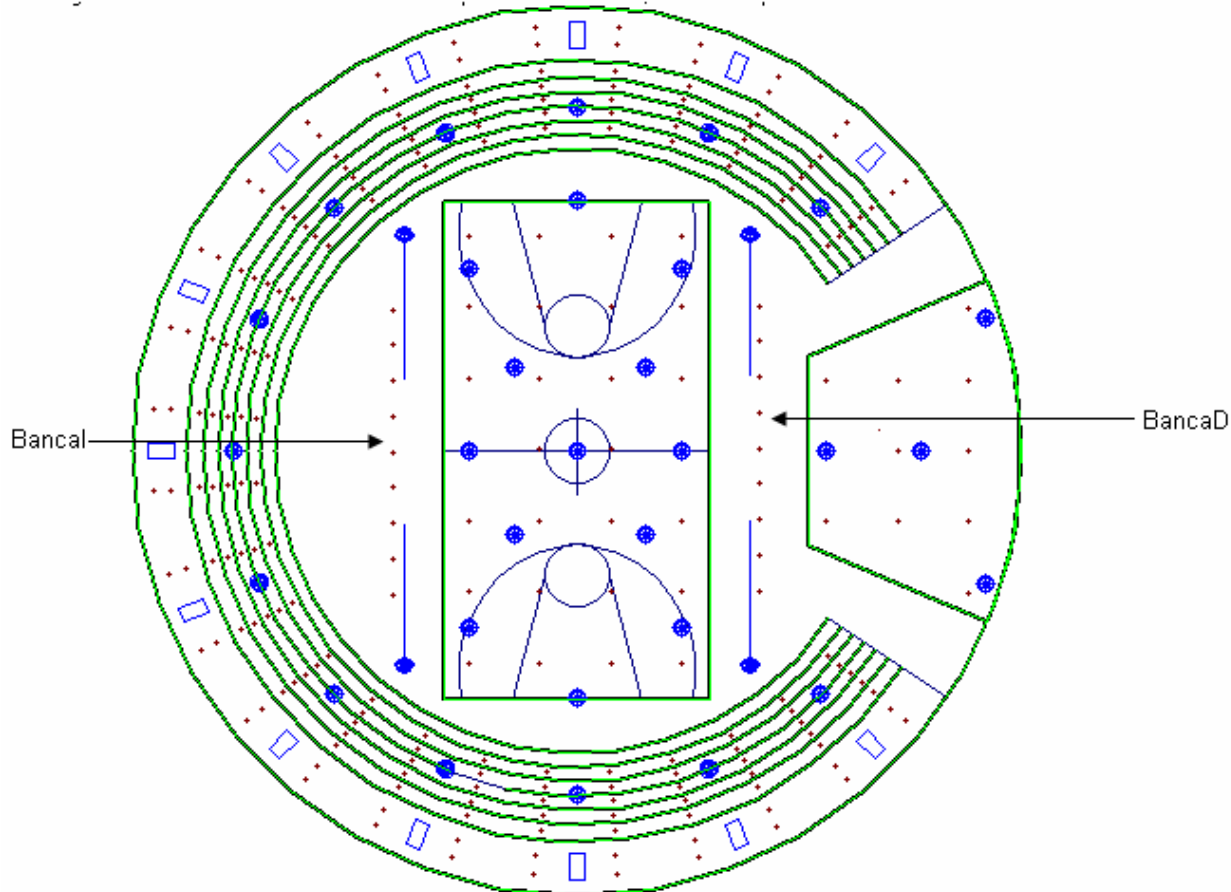


Figura 5.12 Ubicación de lámparas Caso II, vista lateral.

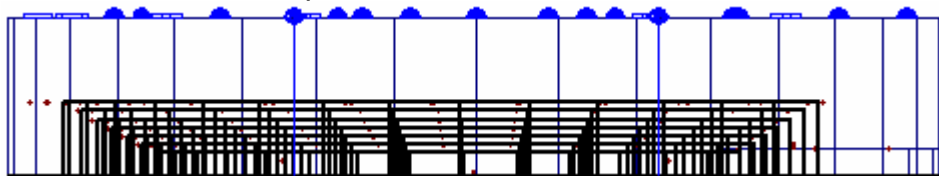


Figura 5.13 Resultados obtenidos Caso II.

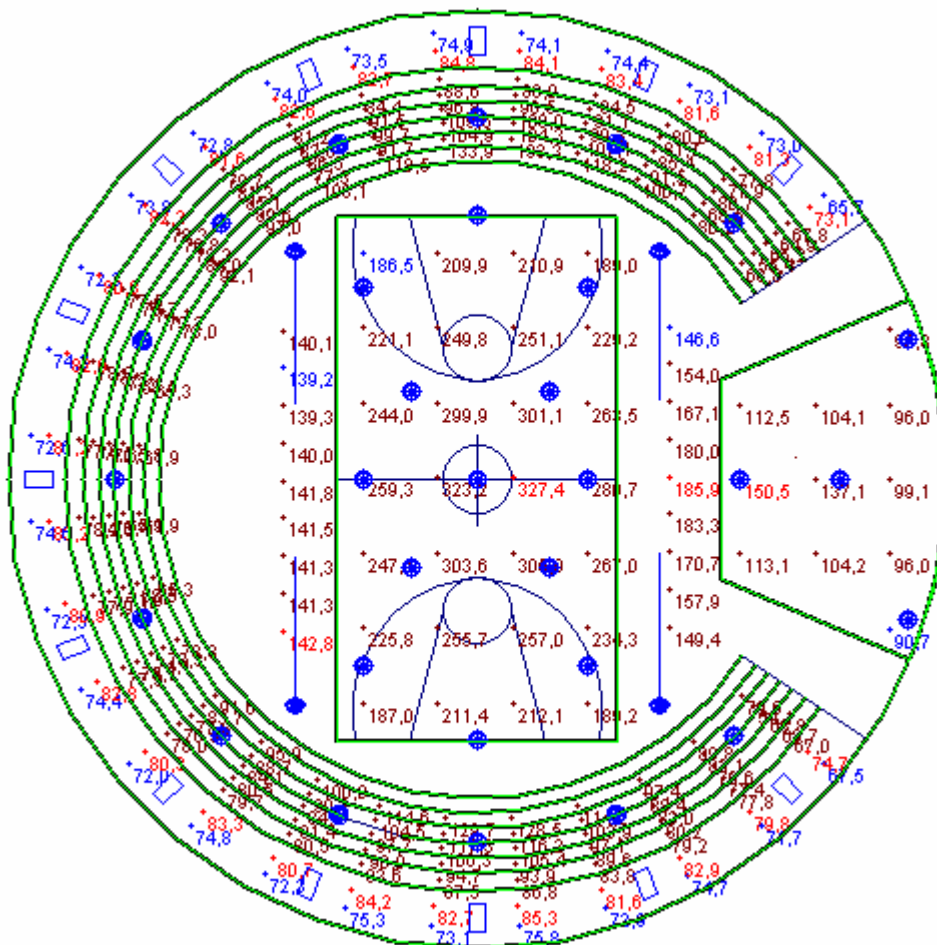


Tabla 5.4 Resultados obtenidos Caso II.

| Description  | Avg       | Max       | Min       |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| BancaD       | 166,1 lux | 185,9 lux | 146,6 lux |
| Bancal       | 140,8 lux | 142,8 lux | 139,2 lux |
| Cancha       | 247,9 lux | 327,4 lux | 186,5 lux |
| Grada1(Copy) | 73,3 lux  | 73,3 lux  | 73,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 95,9 lux  | 95,9 lux  | 95,9 lux  |
| Grada1(Copy) | 100,0 lux | 100,0 lux | 100,0 lux |
| Grada1(Copy) | 129,7 lux | 129,7 lux | 129,7 lux |
| Grada1(Copy) | 128,5 lux | 128,5 lux | 128,5 lux |
| Grada1(Copy) | 97,4 lux  | 97,4 lux  | 97,4 lux  |
| Grada1(Copy) | 79,6 lux  | 79,6 lux  | 79,6 lux  |
| Grada1(Copy) | 68,8 lux  | 68,8 lux  | 68,8 lux  |
| Grada1(Copy) | 100,7 lux | 100,7 lux | 100,7 lux |
| Grada1(Copy) | 118,2 lux | 118,2 lux | 118,2 lux |
| Grada1(Copy) | 133,9 lux | 133,9 lux | 133,9 lux |

Continuación Tabla 5.4

|              |           |           |           |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Grada1(Copy) | 103,1 lux | 103,1 lux | 103,1 lux |
| Grada1(Copy) | 97,0 lux  | 97,0 lux  | 97,0 lux  |
| Grada1(Copy) | 73,0 lux  | 73,0 lux  | 73,0 lux  |
| Grada1(Copy) | 65,3 lux  | 65,3 lux  | 65,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 61,9 lux  | 61,9 lux  | 61,9 lux  |
| Grada1(Copy) | 92,1 lux  | 92,1 lux  | 92,1 lux  |
| Grada1(Copy) | 118,5 lux | 118,5 lux | 118,5 lux |
| Grada1(Copy) | 133,3 lux | 133,3 lux | 133,3 lux |
| Grada1(Copy) | 80,2 lux  | 80,2 lux  | 80,2 lux  |
| Grada1(Copy) | 89,8 lux  | 89,8 lux  | 89,8 lux  |
| Grada1(Copy) | 114,2 lux | 114,2 lux | 114,2 lux |
| Grada1(Copy) | 114,6 lux | 114,6 lux | 114,6 lux |
| Grada1(Copy) | 91,6 lux  | 91,6 lux  | 91,6 lux  |
| Grada1(Copy) | 65,3 lux  | 65,3 lux  | 65,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 61,9 lux  | 61,9 lux  | 61,9 lux  |
| Grada2(Copy) | 90,1 lux  | 90,1 lux  | 90,1 lux  |
| Grada2(Copy) | 103,9 lux | 103,9 lux | 103,9 lux |
| Grada2(Copy) | 55,4 lux  | 55,4 lux  | 55,4 lux  |
| Grada2(Copy) | 104,3 lux | 104,3 lux | 104,3 lux |
| Grada2(Copy) | 89,6 lux  | 89,6 lux  | 89,6 lux  |
| Grada2(Copy) | 65,8 lux  | 65,8 lux  | 65,8 lux  |
| Grada2(Copy) | 68,5 lux  | 68,5 lux  | 68,5 lux  |
| Grada2(Copy) | 73,2 lux  | 73,2 lux  | 73,2 lux  |
| Grada2(Copy) | 84,0 lux  | 84,0 lux  | 84,0 lux  |
| Grada2(Copy) | 77,3 lux  | 77,3 lux  | 77,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 91,7 lux  | 91,7 lux  | 91,7 lux  |
| Grada2(Copy) | 104,9 lux | 104,9 lux | 104,9 lux |
| Grada2(Copy) | 107,1 lux | 107,1 lux | 107,1 lux |
| Grada2(Copy) | 91,5 lux  | 91,5 lux  | 91,5 lux  |
| Grada2(Copy) | 68,5 lux  | 68,5 lux  | 68,5 lux  |
| Grada2(Copy) | 54,1 lux  | 54,1 lux  | 54,1 lux  |
| Grada2(Copy) | 83,1 lux  | 83,1 lux  | 83,1 lux  |
| Grada2(Copy) | 88,4 lux  | 88,4 lux  | 88,4 lux  |
| Grada2(Copy) | 116,2 lux | 116,2 lux | 116,2 lux |
| Grada2(Copy) | 117,3 lux | 117,3 lux | 117,3 lux |
| Grada2(Copy) | 104,5 lux | 104,5 lux | 104,5 lux |
| Grada2(Copy) | 88,7 lux  | 88,7 lux  | 88,7 lux  |
| Grada2(Copy) | 83,7 lux  | 83,7 lux  | 83,7 lux  |
| Grada2(Copy) | 73,3 lux  | 73,3 lux  | 73,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 68,5 lux  | 68,5 lux  | 68,5 lux  |
| Grada2(Copy) | 65,9 lux  | 65,9 lux  | 65,9 lux  |
| Grada3(Copy) | 74,1 lux  | 74,1 lux  | 74,1 lux  |
| Grada3(Copy) | 84,1 lux  | 84,1 lux  | 84,1 lux  |
| Grada3(Copy) | 97,7 lux  | 97,7 lux  | 97,7 lux  |
| Grada3(Copy) | 105,4 lux | 105,4 lux | 105,4 lux |

Continuación Tabla 5.4

|              |           |           |           |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Grada3(Copy) | 83,0 lux  | 83,0 lux  | 83,0 lux  |
| Grada3(Copy) | 63,8 lux  | 63,8 lux  | 63,8 lux  |
| Grada3(Copy) | 80,7 lux  | 80,7 lux  | 80,7 lux  |
| Grada3(Copy) | 99,3 lux  | 99,3 lux  | 99,3 lux  |
| Grada3(Copy) | 109,5 lux | 109,5 lux | 109,5 lux |
| Grada3(Copy) | 86,5 lux  | 86,5 lux  | 86,5 lux  |
| Grada3(Copy) | 78,2 lux  | 78,2 lux  | 78,2 lux  |
| Grada3(Copy) | 72,1 lux  | 72,1 lux  | 72,1 lux  |
| Grada3(Copy) | 70,3 lux  | 70,3 lux  | 70,3 lux  |
| Grada3(Copy) | 74,1 lux  | 74,1 lux  | 74,1 lux  |
| Grada3(Copy) | 85,1 lux  | 85,1 lux  | 85,1 lux  |
| Grada3(Copy) | 99,7 lux  | 99,7 lux  | 99,7 lux  |
| Grada3(Copy) | 109,0 lux | 109,0 lux | 109,0 lux |
| Grada3(Copy) | 85,4 lux  | 85,4 lux  | 85,4 lux  |
| Grada3(Copy) | 65,2 lux  | 65,2 lux  | 65,2 lux  |
| Grada3(Copy) | 79,6 lux  | 79,6 lux  | 79,6 lux  |
| Grada3(Copy) | 97,1 lux  | 97,1 lux  | 97,1 lux  |
| Grada3(Copy) | 106,3 lux | 106,3 lux | 106,3 lux |
| Grada3(Copy) | 84,3 lux  | 84,3 lux  | 84,3 lux  |
| Grada3(Copy) | 77,8 lux  | 77,8 lux  | 77,8 lux  |
| Grada3(Copy) | 71,9 lux  | 71,9 lux  | 71,9 lux  |
| Grada3(Copy) | 70,4 lux  | 70,4 lux  | 70,4 lux  |
| Grada4(Copy) | 75,7 lux  | 75,7 lux  | 75,7 lux  |
| Grada4(Copy) | 76,5 lux  | 76,5 lux  | 76,5 lux  |
| Grada4(Copy) | 81,4 lux  | 81,4 lux  | 81,4 lux  |
| Grada4(Copy) | 90,0 lux  | 90,0 lux  | 90,0 lux  |
| Grada4(Copy) | 94,7 lux  | 94,7 lux  | 94,7 lux  |
| Grada4(Copy) | 89,6 lux  | 89,6 lux  | 89,6 lux  |
| Grada4(Copy) | 80,2 lux  | 80,2 lux  | 80,2 lux  |
| Grada4(Copy) | 77,4 lux  | 77,4 lux  | 77,4 lux  |
| Grada4(Copy) | 64,9 lux  | 64,9 lux  | 64,9 lux  |
| Grada4(Copy) | 77,9 lux  | 77,9 lux  | 77,9 lux  |
| Grada4(Copy) | 81,7 lux  | 81,7 lux  | 81,7 lux  |
| Grada4(Copy) | 96,5 lux  | 96,5 lux  | 96,5 lux  |
| Grada4(Copy) | 96,8 lux  | 96,8 lux  | 96,8 lux  |
| Grada4(Copy) | 91,5 lux  | 91,5 lux  | 91,5 lux  |
| Grada4(Copy) | 81,3 lux  | 81,3 lux  | 81,3 lux  |
| Grada4(Copy) | 76,8 lux  | 76,8 lux  | 76,8 lux  |
| Grada4(Copy) | 75,7 lux  | 75,7 lux  | 75,7 lux  |
| Grada4(Copy) | 74,5 lux  | 74,5 lux  | 74,5 lux  |
| Grada4(Copy) | 75,2 lux  | 75,2 lux  | 75,2 lux  |
| Grada4(Copy) | 82,6 lux  | 82,6 lux  | 82,6 lux  |
| Grada4(Copy) | 91,1 lux  | 91,1 lux  | 91,1 lux  |
| Grada4(Copy) | 63,7 lux  | 63,7 lux  | 63,7 lux  |
| Grada4(Copy) | 93,9 lux  | 93,9 lux  | 93,9 lux  |

Continuación Tabla 5.4

|               |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|
| Grada4(Copy)  | 80,5 lux | 80,5 lux | 80,5 lux |
| Grada4(Copy)  | 75,1 lux | 75,1 lux | 75,1 lux |
| Grada4(Copy)  | 74,6 lux | 74,6 lux | 74,6 lux |
| Grada5(Copy)  | 78,2 lux | 78,2 lux | 78,2 lux |
| Grada5(Copy)  | 77,9 lux | 77,9 lux | 77,9 lux |
| Grada5(Copy)  | 77,9 lux | 77,9 lux | 77,9 lux |
| Grada5(Copy)  | 78,0 lux | 78,0 lux | 78,0 lux |
| Grada5(Copy)  | 79,7 lux | 79,7 lux | 79,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 80,5 lux | 80,5 lux | 80,5 lux |
| Grada5(Copy)  | 83,6 lux | 83,6 lux | 83,6 lux |
| Grada5(Copy)  | 87,5 lux | 87,5 lux | 87,5 lux |
| Grada5(Copy)  | 86,8 lux | 86,8 lux | 86,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 83,8 lux | 83,8 lux | 83,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 79,2 lux | 79,2 lux | 79,2 lux |
| Grada5(Copy)  | 77,8 lux | 77,8 lux | 77,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 67,0 lux | 67,0 lux | 67,0 lux |
| Grada5(Copy)  | 67,8 lux | 67,8 lux | 67,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 77,8 lux | 77,8 lux | 77,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 80,0 lux | 80,0 lux | 80,0 lux |
| Grada5(Copy)  | 84,5 lux | 84,5 lux | 84,5 lux |
| Grada5(Copy)  | 88,0 lux | 88,0 lux | 88,0 lux |
| Grada5(Copy)  | 88,6 lux | 88,6 lux | 88,6 lux |
| Grada5(Copy)  | 84,4 lux | 84,4 lux | 84,4 lux |
| Grada5(Copy)  | 81,2 lux | 81,2 lux | 81,2 lux |
| Grada5(Copy)  | 79,7 lux | 79,7 lux | 79,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 78,3 lux | 78,3 lux | 78,3 lux |
| Grada5(Copy)  | 77,5 lux | 77,5 lux | 77,5 lux |
| Grada5(Copy)  | 78,3 lux | 78,3 lux | 78,3 lux |
| Grada5(Copy)  | 77,8 lux | 77,8 lux | 77,8 lux |
| Pasillo(Copy) | 78,9 lux | 83,2 lux | 74,6 lux |
| Pasillo(Copy) | 76,6 lux | 80,9 lux | 72,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 78,6 lux | 82,8 lux | 74,4 lux |
| Pasillo(Copy) | 76,2 lux | 80,3 lux | 72,0 lux |
| Pasillo(Copy) | 79,0 lux | 83,3 lux | 74,8 lux |
| Pasillo(Copy) | 76,5 lux | 80,7 lux | 72,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 79,8 lux | 84,2 lux | 75,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 77,9 lux | 82,7 lux | 73,1 lux |
| Pasillo(Copy) | 80,6 lux | 85,3 lux | 75,8 lux |
| Pasillo(Copy) | 77,2 lux | 81,6 lux | 72,9 lux |
| Pasillo(Copy) | 78,8 lux | 82,9 lux | 74,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 75,8 lux | 79,8 lux | 71,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 71,1 lux | 74,7 lux | 67,5 lux |
| Pasillo(Copy) | 69,4 lux | 73,1 lux | 65,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 77,2 lux | 81,3 lux | 73,0 lux |
| Pasillo(Copy) | 77,4 lux | 81,6 lux | 73,1 lux |

Continuación Tabla 5.4

|               |           |           |          |
|---------------|-----------|-----------|----------|
| Pasillo(Copy) | 78,9 lux  | 83,4 lux  | 74,4 lux |
| Pasillo(Copy) | 79,1 lux  | 84,1 lux  | 74,1 lux |
| Pasillo(Copy) | 79,9 lux  | 84,8 lux  | 74,9 lux |
| Pasillo(Copy) | 78,1 lux  | 82,7 lux  | 73,5 lux |
| Pasillo(Copy) | 78,3 lux  | 82,6 lux  | 74,0 lux |
| Pasillo(Copy) | 77,2 lux  | 81,6 lux  | 72,8 lux |
| Pasillo(Copy) | 78,0 lux  | 82,2 lux  | 73,8 lux |
| Pasillo(Copy) | 76,6 lux  | 80,8 lux  | 72,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 78,6 lux  | 82,9 lux  | 74,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 76,9 lux  | 81,2 lux  | 72,6 lux |
| Tarima        | 108,6 lux | 150,5 lux | 90,7 lux |

### 5.6 Caso III: Diseño nuevo, lámparas a diferente altura

Para este ejemplo como en el anterior, la selección de las lámparas se hace de acuerdo a la altura de montaje. Los datos característicos tales como flujo luminoso ( $\Phi$ ) y potencia nominal (W) de las lámparas son datos de lámparas de metal halide.

En este ejemplo como en el anterior se busca iluminar las gradas, el pasillo, la tarima y la cancha.

Tabla 5.5 Datos característicos de las lámparas empleadas en el Caso III

| Lámparas de Metal Halide |     |                         |
|--------------------------|-----|-------------------------|
| Lm                       | W   |                         |
| 12000                    | 150 | Gradería, tarima        |
| 12500                    | 150 |                         |
| 19000                    | 250 |                         |
| 33400                    | 400 | C3                      |
| 2900                     | 39  | Pasillo (Fluorescentes) |

Figura 5.14 Distribución de lámparas Caso III, vista superior.

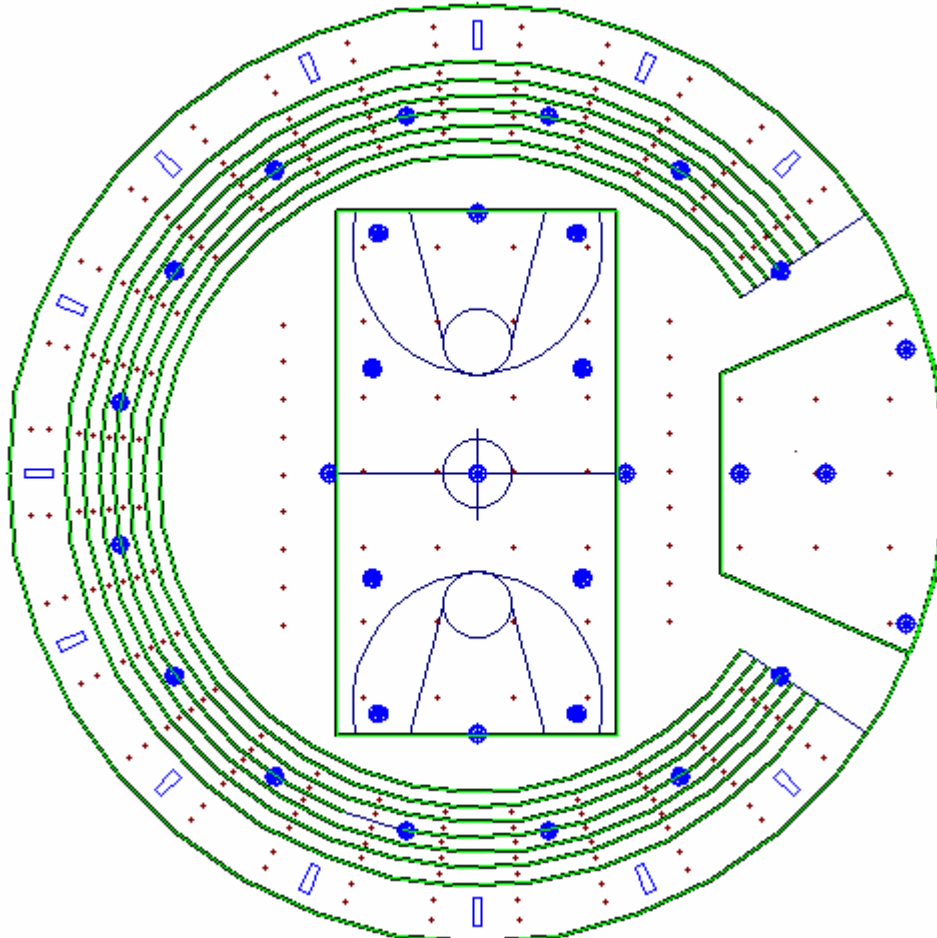


Figura 5.15 Ubicación de lámparas Caso III, vista lateral.

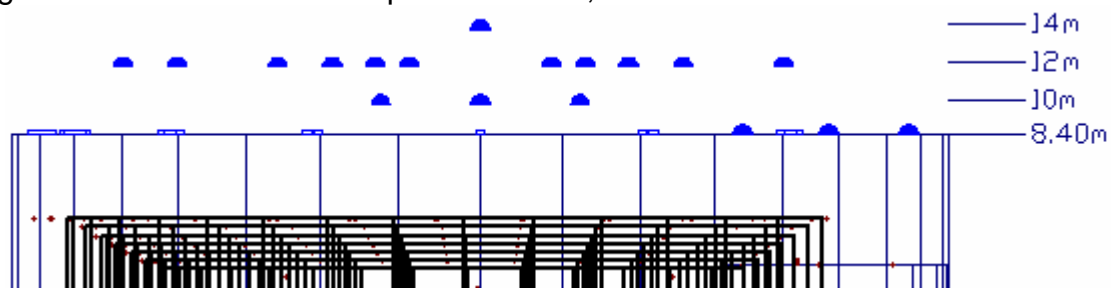


Figura 5.16 Resultados obtenidos Caso III.

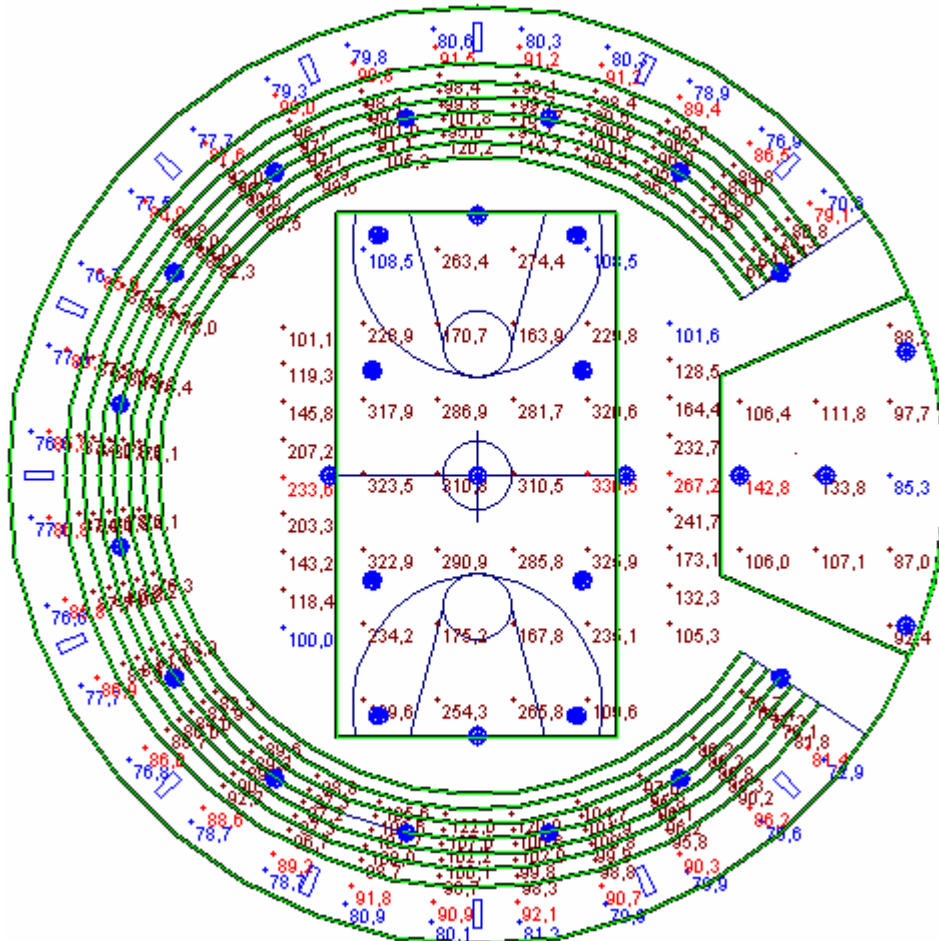


Tabla 5.6 Resultados obtenidos Caso III.

| Description  | Avg       | Max       | Min       |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| BancaD       | 171,9 lux | 267,2 lux | 101,6 lux |
| Bancal       | 152,4 lux | 233,6 lux | 100,0 lux |
| Cancha       | 243,1 lux | 330,5 lux | 108,5 lux |
| Grada1(Copy) | 78,0 lux  | 78,0 lux  | 78,0 lux  |
| Grada1(Copy) | 89,6 lux  | 89,6 lux  | 89,6 lux  |
| Grada1(Copy) | 98,8 lux  | 98,8 lux  | 98,8 lux  |
| Grada1(Copy) | 122,0 lux | 122,0 lux | 122,0 lux |
| Grada1(Copy) | 120,9 lux | 120,9 lux | 120,9 lux |
| Grada1(Copy) | 97,0 lux  | 97,0 lux  | 97,0 lux  |
| Grada1(Copy) | 76,7 lux  | 76,7 lux  | 76,7 lux  |
| Grada1(Copy) | 67,3 lux  | 67,3 lux  | 67,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 96,9 lux  | 96,9 lux  | 96,9 lux  |
| Grada1(Copy) | 104,4 lux | 104,4 lux | 104,4 lux |
| Grada1(Copy) | 120,2 lux | 120,2 lux | 120,2 lux |



Continuación Tabla 5.6

|              |           |           |           |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Grada1(Copy) | 98,6 lux  | 98,6 lux  | 98,6 lux  |
| Grada1(Copy) | 89,5 lux  | 89,5 lux  | 89,5 lux  |
| Grada1(Copy) | 78,0 lux  | 78,0 lux  | 78,0 lux  |
| Grada1(Copy) | 76,4 lux  | 76,4 lux  | 76,4 lux  |
| Grada1(Copy) | 76,1 lux  | 76,1 lux  | 76,1 lux  |
| Grada1(Copy) | 82,3 lux  | 82,3 lux  | 82,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 105,2 lux | 105,2 lux | 105,2 lux |
| Grada1(Copy) | 119,7 lux | 119,7 lux | 119,7 lux |
| Grada1(Copy) | 77,5 lux  | 77,5 lux  | 77,5 lux  |
| Grada1(Copy) | 86,3 lux  | 86,3 lux  | 86,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 104,7 lux | 104,7 lux | 104,7 lux |
| Grada1(Copy) | 105,6 lux | 105,6 lux | 105,6 lux |
| Grada1(Copy) | 82,3 lux  | 82,3 lux  | 82,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 76,3 lux  | 76,3 lux  | 76,3 lux  |
| Grada1(Copy) | 76,1 lux  | 76,1 lux  | 76,1 lux  |
| Grada2(Copy) | 97,3 lux  | 97,3 lux  | 97,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 101,9 lux | 101,9 lux | 101,9 lux |
| Grada2(Copy) | 64,4 lux  | 64,4 lux  | 64,4 lux  |
| Grada2(Copy) | 94,7 lux  | 94,7 lux  | 94,7 lux  |
| Grada2(Copy) | 89,2 lux  | 89,2 lux  | 89,2 lux  |
| Grada2(Copy) | 78,2 lux  | 78,2 lux  | 78,2 lux  |
| Grada2(Copy) | 78,2 lux  | 78,2 lux  | 78,2 lux  |
| Grada2(Copy) | 79,3 lux  | 79,3 lux  | 79,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 82,9 lux  | 82,9 lux  | 82,9 lux  |
| Grada2(Copy) | 85,9 lux  | 85,9 lux  | 85,9 lux  |
| Grada2(Copy) | 91,1 lux  | 91,1 lux  | 91,1 lux  |
| Grada2(Copy) | 95,0 lux  | 95,0 lux  | 95,0 lux  |
| Grada2(Copy) | 101,7 lux | 101,7 lux | 101,7 lux |
| Grada2(Copy) | 95,7 lux  | 95,7 lux  | 95,7 lux  |
| Grada2(Copy) | 74,8 lux  | 74,8 lux  | 74,8 lux  |
| Grada2(Copy) | 65,4 lux  | 65,4 lux  | 65,4 lux  |
| Grada2(Copy) | 86,2 lux  | 86,2 lux  | 86,2 lux  |
| Grada2(Copy) | 95,8 lux  | 95,8 lux  | 95,8 lux  |
| Grada2(Copy) | 106,6 lux | 106,6 lux | 106,6 lux |
| Grada2(Copy) | 107,0 lux | 107,0 lux | 107,0 lux |
| Grada2(Copy) | 102,6 lux | 102,6 lux | 102,6 lux |
| Grada2(Copy) | 89,3 lux  | 89,3 lux  | 89,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 82,9 lux  | 82,9 lux  | 82,9 lux  |
| Grada2(Copy) | 79,3 lux  | 79,3 lux  | 79,3 lux  |
| Grada2(Copy) | 78,2 lux  | 78,2 lux  | 78,2 lux  |
| Grada2(Copy) | 78,2 lux  | 78,2 lux  | 78,2 lux  |
| Grada3(Copy) | 81,3 lux  | 81,3 lux  | 81,3 lux  |
| Grada3(Copy) | 89,6 lux  | 89,6 lux  | 89,6 lux  |
| Grada3(Copy) | 101,2 lux | 101,2 lux | 101,2 lux |
| Grada3(Copy) | 102,0 lux | 102,0 lux | 102,0 lux |

Continuación Tabla 5.6

|              |           |           |           |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Grada3(Copy) | 96,1 lux  | 96,1 lux  | 96,1 lux  |
| Grada3(Copy) | 77,3 lux  | 77,3 lux  | 77,3 lux  |
| Grada3(Copy) | 86,6 lux  | 86,6 lux  | 86,6 lux  |
| Grada3(Copy) | 100,6 lux | 100,6 lux | 100,6 lux |
| Grada3(Copy) | 101,8 lux | 101,8 lux | 101,8 lux |
| Grada3(Copy) | 97,1 lux  | 97,1 lux  | 97,1 lux  |
| Grada3(Copy) | 84,0 lux  | 84,0 lux  | 84,0 lux  |
| Grada3(Copy) | 80,8 lux  | 80,8 lux  | 80,8 lux  |
| Grada3(Copy) | 80,8 lux  | 80,8 lux  | 80,8 lux  |
| Grada3(Copy) | 81,3 lux  | 81,3 lux  | 81,3 lux  |
| Grada3(Copy) | 89,6 lux  | 89,6 lux  | 89,6 lux  |
| Grada3(Copy) | 101,0 lux | 101,0 lux | 101,0 lux |
| Grada3(Copy) | 101,7 lux | 101,7 lux | 101,7 lux |
| Grada3(Copy) | 96,0 lux  | 96,0 lux  | 96,0 lux  |
| Grada3(Copy) | 76,4 lux  | 76,4 lux  | 76,4 lux  |
| Grada3(Copy) | 86,8 lux  | 86,8 lux  | 86,8 lux  |
| Grada3(Copy) | 100,8 lux | 100,8 lux | 100,8 lux |
| Grada3(Copy) | 102,2 lux | 102,2 lux | 102,2 lux |
| Grada3(Copy) | 97,2 lux  | 97,2 lux  | 97,2 lux  |
| Grada3(Copy) | 84,0 lux  | 84,0 lux  | 84,0 lux  |
| Grada3(Copy) | 80,8 lux  | 80,8 lux  | 80,8 lux  |
| Grada3(Copy) | 80,8 lux  | 80,8 lux  | 80,8 lux  |
| Grada4(Copy) | 84,2 lux  | 84,2 lux  | 84,2 lux  |
| Grada4(Copy) | 86,0 lux  | 86,0 lux  | 86,0 lux  |
| Grada4(Copy) | 97,3 lux  | 97,3 lux  | 97,3 lux  |
| Grada4(Copy) | 100,0 lux | 100,0 lux | 100,0 lux |
| Grada4(Copy) | 100,1 lux | 100,1 lux | 100,1 lux |
| Grada4(Copy) | 99,8 lux  | 99,8 lux  | 99,8 lux  |
| Grada4(Copy) | 96,2 lux  | 96,2 lux  | 96,2 lux  |
| Grada4(Copy) | 88,3 lux  | 88,3 lux  | 88,3 lux  |
| Grada4(Copy) | 78,3 lux  | 78,3 lux  | 78,3 lux  |
| Grada4(Copy) | 88,0 lux  | 88,0 lux  | 88,0 lux  |
| Grada4(Copy) | 96,2 lux  | 96,2 lux  | 96,2 lux  |
| Grada4(Copy) | 99,7 lux  | 99,7 lux  | 99,7 lux  |
| Grada4(Copy) | 99,8 lux  | 99,8 lux  | 99,8 lux  |
| Grada4(Copy) | 99,8 lux  | 99,8 lux  | 99,8 lux  |
| Grada4(Copy) | 99,8 lux  | 99,8 lux  | 99,8 lux  |
| Grada4(Copy) | 90,7 lux  | 90,7 lux  | 90,7 lux  |
| Grada4(Copy) | 86,0 lux  | 86,0 lux  | 86,0 lux  |
| Grada4(Copy) | 84,2 lux  | 84,2 lux  | 84,2 lux  |
| Grada4(Copy) | 84,0 lux  | 84,0 lux  | 84,0 lux  |
| Grada4(Copy) | 84,1 lux  | 84,1 lux  | 84,1 lux  |
| Grada4(Copy) | 97,1 lux  | 97,1 lux  | 97,1 lux  |
| Grada4(Copy) | 99,5 lux  | 99,5 lux  | 99,5 lux  |
| Grada4(Copy) | 79,1 lux  | 79,1 lux  | 79,1 lux  |
| Grada4(Copy) | 99,8 lux  | 99,8 lux  | 99,8 lux  |

Continuación Tabla 5.6

|               |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|
| Grada4(Copy)  | 90,7 lux | 90,7 lux | 90,7 lux |
| Grada4(Copy)  | 84,0 lux | 84,0 lux | 84,0 lux |
| Grada4(Copy)  | 84,1 lux | 84,1 lux | 84,1 lux |
| Grada5(Copy)  | 87,9 lux | 87,9 lux | 87,9 lux |
| Grada5(Copy)  | 87,7 lux | 87,7 lux | 87,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 87,9 lux | 87,9 lux | 87,9 lux |
| Grada5(Copy)  | 88,7 lux | 88,7 lux | 88,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 92,2 lux | 92,2 lux | 92,2 lux |
| Grada5(Copy)  | 96,7 lux | 96,7 lux | 96,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 98,7 lux | 98,7 lux | 98,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 98,7 lux | 98,7 lux | 98,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 98,3 lux | 98,3 lux | 98,3 lux |
| Grada5(Copy)  | 98,8 lux | 98,8 lux | 98,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 95,8 lux | 95,8 lux | 95,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 90,2 lux | 90,2 lux | 90,2 lux |
| Grada5(Copy)  | 81,8 lux | 81,8 lux | 81,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 80,8 lux | 80,8 lux | 80,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 89,8 lux | 89,8 lux | 89,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 95,7 lux | 95,7 lux | 95,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 98,4 lux | 98,4 lux | 98,4 lux |
| Grada5(Copy)  | 98,1 lux | 98,1 lux | 98,1 lux |
| Grada5(Copy)  | 98,4 lux | 98,4 lux | 98,4 lux |
| Grada5(Copy)  | 98,4 lux | 98,4 lux | 98,4 lux |
| Grada5(Copy)  | 96,7 lux | 96,7 lux | 96,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 92,0 lux | 92,0 lux | 92,0 lux |
| Grada5(Copy)  | 88,8 lux | 88,8 lux | 88,8 lux |
| Grada5(Copy)  | 87,7 lux | 87,7 lux | 87,7 lux |
| Grada5(Copy)  | 87,9 lux | 87,9 lux | 87,9 lux |
| Grada5(Copy)  | 87,7 lux | 87,7 lux | 87,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 82,2 lux | 86,8 lux | 77,6 lux |
| Pasillo(Copy) | 81,2 lux | 85,8 lux | 76,6 lux |
| Pasillo(Copy) | 82,3 lux | 86,9 lux | 77,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 81,4 lux | 86,0 lux | 76,8 lux |
| Pasillo(Copy) | 83,6 lux | 88,6 lux | 78,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 84,0 lux | 89,2 lux | 78,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 86,4 lux | 91,8 lux | 80,9 lux |
| Pasillo(Copy) | 85,5 lux | 90,9 lux | 80,1 lux |
| Pasillo(Copy) | 86,7 lux | 92,1 lux | 81,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 85,3 lux | 90,7 lux | 79,9 lux |
| Pasillo(Copy) | 85,1 lux | 90,3 lux | 79,9 lux |
| Pasillo(Copy) | 81,4 lux | 86,2 lux | 76,6 lux |
| Pasillo(Copy) | 77,2 lux | 81,4 lux | 72,9 lux |
| Pasillo(Copy) | 74,8 lux | 79,1 lux | 70,6 lux |
| Pasillo(Copy) | 81,7 lux | 86,5 lux | 76,9 lux |
| Pasillo(Copy) | 84,2 lux | 89,4 lux | 78,9 lux |

Continuación Tabla 5.6

|               |           |           |          |
|---------------|-----------|-----------|----------|
| Pasillo(Copy) | 85,8 lux  | 91,2 lux  | 80,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 85,8 lux  | 91,2 lux  | 80,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 86,0 lux  | 91,5 lux  | 80,6 lux |
| Pasillo(Copy) | 85,3 lux  | 90,8 lux  | 79,8 lux |
| Pasillo(Copy) | 84,6 lux  | 90,0 lux  | 79,3 lux |
| Pasillo(Copy) | 82,6 lux  | 87,6 lux  | 77,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 82,2 lux  | 86,9 lux  | 77,5 lux |
| Pasillo(Copy) | 81,3 lux  | 85,9 lux  | 76,7 lux |
| Pasillo(Copy) | 82,0 lux  | 86,7 lux  | 77,4 lux |
| Pasillo(Copy) | 81,2 lux  | 85,8 lux  | 76,6 lux |
| Tarima        | 105,3 lux | 142,8 lux | 85,3 lux |

En los diseños nuevos (caso II y caso III) se puede ver que en algunos puntos el nivel de iluminación no se cumple, esto debido a la irregularidad del sitio objeto de diseño.

## 5.7 Caso IV: Diseño de instalación exterior

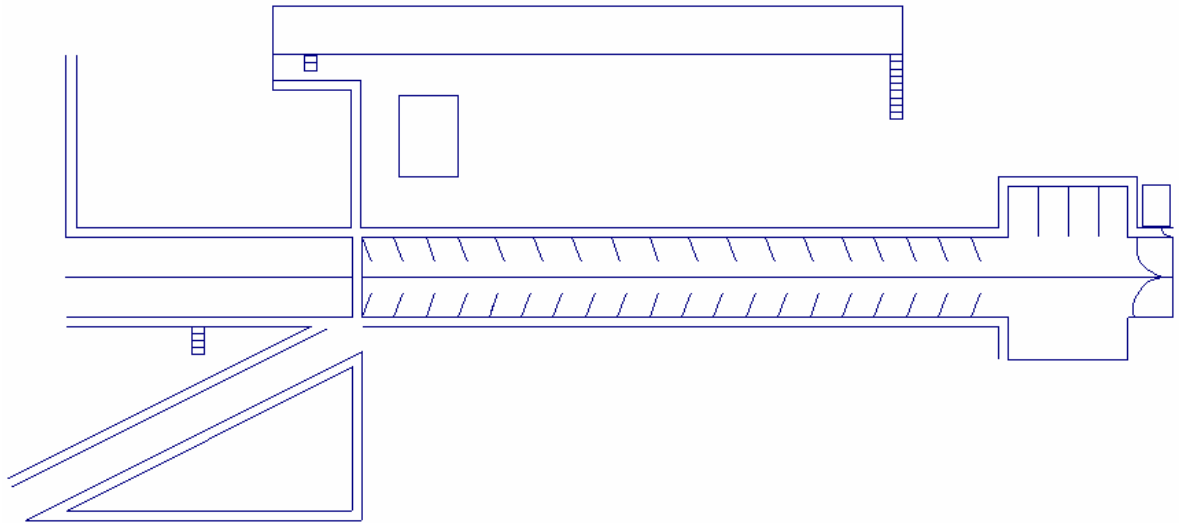
### • NIVEL DE ILUMINACIÓN

Para este ejemplo de aplicación el nivel de iluminación se tomó de un manual de alumbrado público, específicamente se tomó una iluminancia de 25 lx [40]. Esta iluminancia es la recomendada para parqueaderos descubiertos.

Es necesario aclarar que el procedimiento de cálculo es igual al de diseño de instalaciones lumínicas para estructuras cubiertas.

1) Se construye el sitio objeto de diseño.

Figura 5.17 Entrada bloque E, vista superior



2) Se definen zonas de cálculo

Figura 5.18 Sitios donde se definen zonas de cálculo2

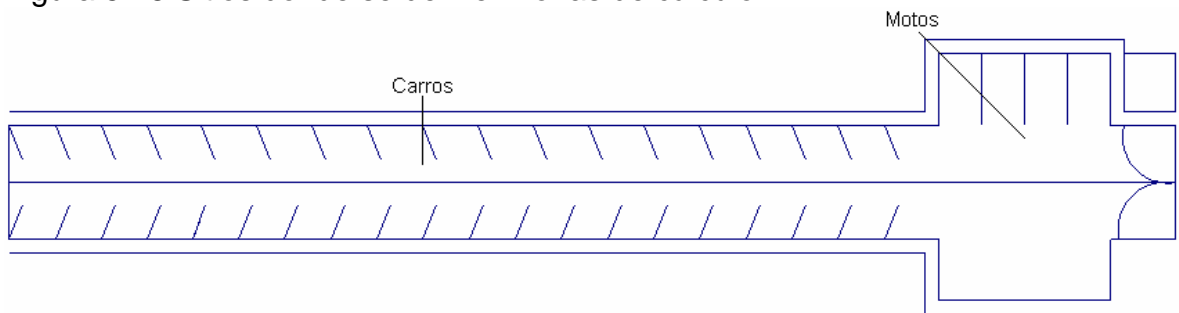
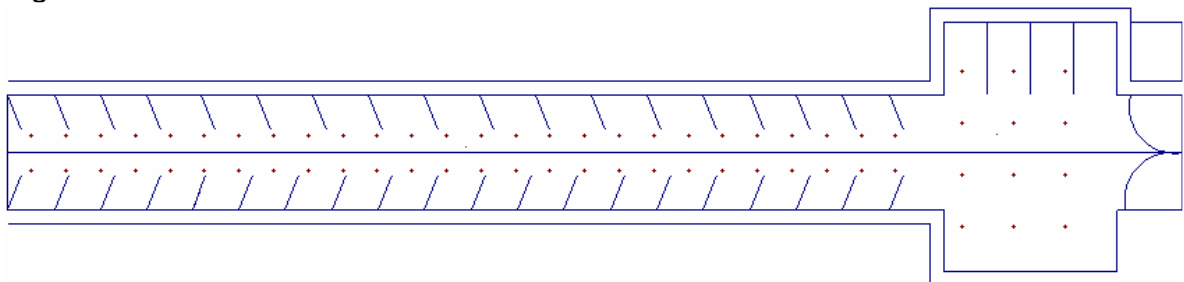


Figura 5.19 Zonas de cálculo2



3) Se buscan las lámparas y luminarias.

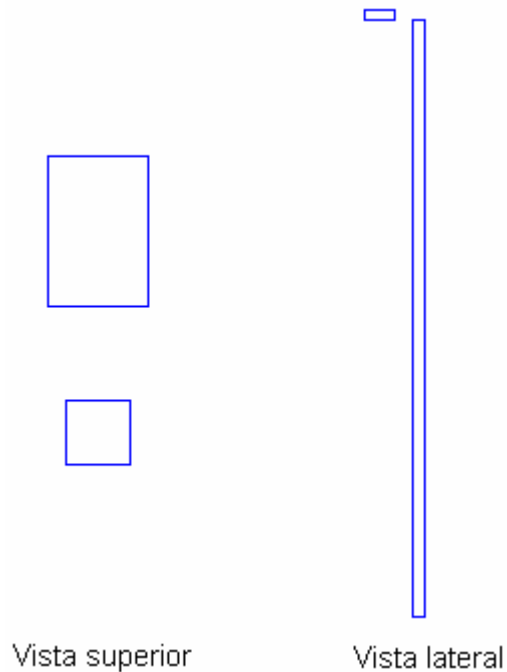
Acá se utilizarán lámparas de vapor de sodio, pues estas lámparas son las que casi siempre se utilizan para alumbrado de vías.

Tabla 5.7 Datos característicos de la lámpara utilizada para el ejemplo IV.

| Lámpara de Sodio |     |
|------------------|-----|
| Lm               | W   |
| 11000            | 150 |

La luminaria con la que se va a trabajar en este ejemplo es una luminaria de alumbrado público.

Figura 5.20 Luminaria de alumbrado público.



4) Como ya se tiene el conjunto lámpara/luminaria, ahora se procede a hacer el montaje de las lámparas.

Figura 5.21 Distribución de lámparas Caso IV, vista superior

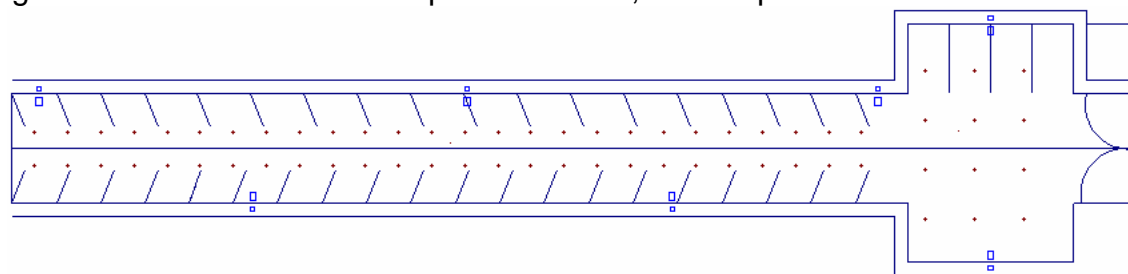


Figura 5.22 Ubicación de lámparas Caso IV, vista lateral



5) se “corre” el programa.

Figura 5.23 Resultados obtenidos Caso IV

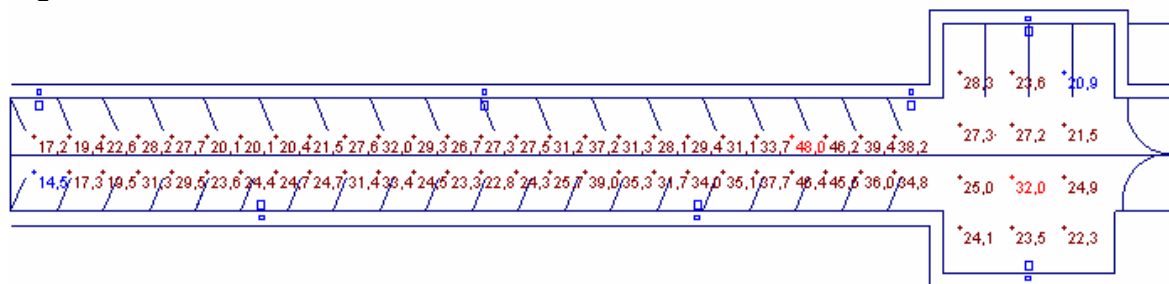


Tabla 5.8 Resultados obtenidos Caso IV.

| Description | Avg      | Max      | Min      |
|-------------|----------|----------|----------|
| Carros      | 29,5 lux | 48,0 lux | 14,5 lux |
| Motos       | 25,0 lux | 32,0 lux | 20,9 lux |

## **6. CONCLUSIONES**

Dentro del presente trabajo se utilizó la versión Visual® 2.4 la cual es una herramienta que permite una fácil interacción con el usuario.

Al realizar lo ejemplos de aplicación se hizo uso de la mayoría de los comandos y se puede sacar una importante conclusión respecto a ésta versión: Como es una versión gratuita viene limitada.

Una de las ventajas de esta herramienta es que cuando se tiene un diseño se puede hacer uso de diferentes tipos de lámpara para el mismo diseño.

Los pasos a seguir para realizar un diseño son pocos. Si se compara con los que se deben seguir para llevar a cabo un diseño simple y además manualmente se alcanza a ver la ventaja que tiene el uso esta herramienta.

Las características del programa son ideales para realizar diseños de instalaciones lumínicas de estructuras regulares cubiertas y de zonas abiertas.

Para la iluminación existente en el coliseo deportivo del Instituto Técnico Superior se recomendaría ubicar algunas lámparas en las gradas y en el pasillo, pues cuando no hay luz natural la iluminación es deficiente en esas zonas.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Acuity Brands Lighting, Photometric Viewer [programa de computador]
- [2] Acuity Lighting Group, Visual Professional Edition [programa de computador]
- [3] Alumbrado general, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/graficos/iluint08.gif>
- [4] Alumbrado general localizado, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/graficos/iluint09.gif>
- [5] Alumbrado localizado, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/graficos/iluint10.gif>
- [6] Clasificación de las luminarias según las características mecánicas, PAGINA WEB. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/graficos/lumin11.gif>
- [7] Clasificación de las luminarias según las características ópticas, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://miro.h3m.com/~s04be433/luminotecnia/lamparasyluminarias.htm>
- [8] Conceptos técnicos de iluminación, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://www.conceptos tecnicos/ilum.pdf>
- [9] Curva de intensidad luminosa, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-3.htm>
- [10] Curva del factor de utilización, PAGINA WEB. Disponible en:  
[http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/3\\_ALUMBRADO/35\\_calculoA/luz002.jpg](http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/3_ALUMBRADO/35_calculoA/luz002.jpg)
- [11] Curva isolux, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/graficos/ejv14.gif>
- [12] Curva isolux ejem1, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/graficos/ejm1.gif>

- [13] DE JERONIMO BRITO, Susana y otros. Estudio de la reflexión de la luz, PAGINA WEB. Disponible en: <http://www.ua.es/dfa/agm/lac/web-LAC-ICE2001/projectes/grup12/reflexio-de-llum.htm>
- [14] Diagrama isocandela, PAGINA WEB. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/graficos/ejm1.gif>
- [15] Distribución de puntos en la calzada. PAGINA WEB. Disponible en: [http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public\\_www/capitulo7/seleccion\\_de\\_luminarias\\_clip\\_image007\\_0000.jpg](http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo7/seleccion_de_luminarias_clip_image007_0000.jpg)
- [16] Distribución de puntos en la calzada ejem2, PAGINA WEB. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/graficos/ejm2.gif>
- [17] Documento Básico SU seguridad de utilización. PAGINA WEB, Disponible en: [http://161.111.13.202/apache2-default/cte/CTE\\_DB-SU.pdf](http://161.111.13.202/apache2-default/cte/CTE_DB-SU.pdf)
- [18] Electrocontrol. Manual de iluminación interior.
- [19] GARCIA ALVAREZ, José Antonio E. Así Funcionan Las Lámparas Halógenas, PAGINA WEB. Disponible en: [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af\\_halogenas/af\\_halogena\\_3.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_halogenas/af_halogena_3.htm)
- [20] GARCIA FERNANDEZ, Javier y BOIX ARAGONES, Oriol. Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores, PAGINA WEB. Disponible en: <http://www.edison.upc.edu/curs/llum/>
- [21] GmbH, OSRAM. Lámparas halógenas, PAGINA WEB. Disponible en: <http://www.osram.com.ar/products/general/halogen.html>
- [22] Guide to the artificial lighting of indoor and outdoor sports venues. PAGINA WEB, Disponible en: <http://www.canoeicf.com/site/canoeint/if/downloads/Event%20Managment/Artificial%20lighting%20of%20indoor%20and%20outdoor%20sports%20venues.pdf>
- [23] INDINE, Instituto de energía. Bases para la iluminación de oficinas, PAGINA WEB. Disponible en: <http://funindes.usb.ve/indene-web/iluminacion/fundamentos.html>
- [24] Interpretación plano C, PAGINA WEB. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/graficos/tabla.gif>
- [25] JUNTA TECNICA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA. PAGINA WEB, Disponible en: [http://www.ewh.ieee.org/r9/panama/comites/rie\\_resoluciones/JTIA-93-319.PDF](http://www.ewh.ieee.org/r9/panama/comites/rie_resoluciones/JTIA-93-319.PDF)

- [26] Lámpara con halogenuros metálicos, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/graficos/lmhlg2.gif>
- [27] Lámpara de luz de mezcla, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/luminotecnia/lamiluzmez.gif>
- [28] Lámpara de vapor de mercurio a alta presión, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/luminotecnia/lamhgap.gif>
- [29] Lámpara de vapor de sodio a alta presión, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/luminotecnia/lamnaap.gif>
- [30] Lámpara de vapor de sódio a baja presión, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/luminotecnia/lamnabp.gif>
- [31] Lámpara fluorescente, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/graficos/fluor1.gif>
- [32] Lámpara halógena, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://bdd.unizar.es/lamparas/halogen.gif>
- [33] Lámpara incandescente, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/luminotecnia/lamincan.gif>
- [34] Lámparas y sus componentes, PAGINA WEB, Disponible en:  
<http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema8/8-2.htm>
- [35] Luminancia, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/luminotecnia/luminancia.gif>
- [36] Luminaria con dos planos de simetría, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/graficos/lumin9.gif>
- [37] Luminaria con infinitos planos de simetría, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/graficos/lumin8.gif>
- [38] Luminaria con un plano de simetría, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/graficos/lumin10.gif>
- [39] Luminaria para lámparas de descarga a alta presión, PAGINA WEB. Disponible en:  
<http://www.indalux.es/portal/servicios/catalogo/imagenes/series/medianas/portadaec.jpg>

- [40] Niveles de iluminancia promedio mantenidas para otras áreas del espacio publico, PAGINA WEB. Disponible en: [http://uesp.gov.co/FINAL\\_CAP06.pdf](http://uesp.gov.co/FINAL_CAP06.pdf)
- [41] Obra Lux. Manual de Luminotecnia, PAGINA WEB. Disponible en: <http://www.obralux.com/pdf/luminotecnia.pdf>
- [42] Origen del Plano C, PAGINA WEB. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/graficos/farol1.gif>
- [43] Plano C ejk2, PAGINA WEB. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/graficos/ejk2.gif>
- [44] Plano C ejm1, PAGINA WEB. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/graficos/gisoc4.gif>
- [45] Propiedades de la luz, PAGINA WEB. Disponible en: <http://webvision.med.utah.edu/spanish/fisicaluz.html>
- [46] Representación de la curva de distribución luminosa. PAINA WEB. Disponible en: <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-3.htm>
- [47] Sistemas de iluminación, PAGINA WEB. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos12/tipriesg/Image2189.gif>
- [48] Técnica En Laboratorio S.A., PAGINA WEB. Disponible en: <http://www.tecnicaenlaboratorios.com/dwnld/xcite.pdf>
- [49] Ubicación de puntos, PAGINA WEB. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/graficos/ejm3.gif>
- [50] VAZQUEZ RAMIREZ, José. Enciclopedia CEAC de electricidad: Luminotecnia. Cuarta Edición. Barcelona (España): Editorial CEAC, S. A, Junio de 1979